

Fachbereich 4: Wirtschaftsingenieurwesen – Produktionstechnik
Vertiefungsrichtung: Verfahrenstechnik

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

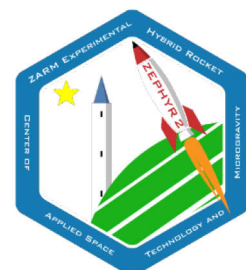
Auslegung und Konstruktion einer Schleudergussanlage zur Herstellung von Paraffintreibsätzen für die studentische Rakete ZEphyR 2

Design and construction of a spin casting machine for the
manufacturing of a paraffin wax fuel grain for the student rocket
ZEphyR 2

Eingereicht von: Boris Butakow
Matrikelnummer: 4049652
E-Mail-Adresse: butakow@uni-bremen.de

Erstgutachter: Prof. Dr. Marc Avila
Zweitgutachter: M.Sc. Tim Schwentek

Bremen, 06.08.2018



Nachname: Butakow

Matrikelnummer: 4049652

Vorname: Boris

Urheberrechtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Alle Stellen, die ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken entnommen habe, habe ich unter Angabe der Quellen als solche kenntlich gemacht.

Bremen,

Ort, Datum

Unterschrift

Erklärung zur Veröffentlichung von Abschlussarbeiten

Die Abschlussarbeit wird zwei Jahre nach Studienabschluss dem Archiv der Universität Bremen zur dauerhaften Archivierung angeboten.

Archiviert werden:

- 1) Masterarbeiten mit lokalem oder regionalem Bezug sowie pro Studienfach und Studienjahr 10 % aller Abschlussarbeiten
- 2) Bachelorarbeiten des jeweils der ersten und letzten Bachelorabschlusses pro Studienfach und Jahr.

- ☐ Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit im Universitätsarchiv für wissenschaftliche Zwecke von Dritten eingesehen werden darf.
- ☐ Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit nach frühestens 30 Jahren (gem. §7 Abs. 2 BremArchivG) im Universitätsarchiv für wissenschaftliche Zwecke von Dritten eingesehen werden darf.
- ☐ Ich bin nicht damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit im Universitätsarchiv für wissenschaftliche Zwecke von Dritten eingesehen werden darf.

Bremen,

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

Am ZARM an der Universität Bremen wird derzeit eine Hybridrakete, die ZEpHyR 2, entwickelt, die mit Flüssigsauerstoff und Paraffin betrieben werden soll. Dafür müssen Paraffintreibsätze hergestellt werden. Die vorhandene Schleudergussanlage zur Herstellung von Paraffintreibsätzen ist mittlerweile veraltet, zu klein und sehr wartungsintensiv. Deswegen soll in der vorliegenden Bachelorarbeit eine neue Schleudergussanlage ausgelegt und konstruiert werden. Das Ziel ist, dass die neue Anlage möglichst keine Defizite der vorhandenen Anlage aufweist und Paraffintreibsätze ohne Lufteinschlüsse und mit einem gleichmäßigen Port für die ZEpHyR 2 herstellt, damit das Abbrennen des Paraffintreibsatzes möglichst gleichmäßig abläuft. Hierfür wurde die vorhandene Anlage genau analysiert und es wurden anhand der gründlichen Analyse und Auslegung mehrere Konzepte erarbeitet sowie die letzten beiden miteinander verglichen. Im Endkonzept wird die neue Schleudergussanlage vorgestellt.

Schlüsselwörter: Schleuderguss, Paraffin, Treibsatz, Hybridrakete, Konstruktion

Inhaltsverzeichnis

I	Abbildungsverzeichnis	vi
II	Tabellenverzeichnis.....	viii
III	Nomenklatur	ix
1	Einleitung	1
2	Theoretischer Hintergrund	2
2.1	Geschichte der Raketen und des Hybridtriebwerks	2
2.2	Raketenhybridantrieb	6
2.3	Schleudergussverfahren	8
2.4	Paraffine/ Wachse	9
2.5	Schleuderguss mit Paraffinen.....	10
2.6	Methodisches Konstruieren nach Rodenacker	11
2.6.1	Die acht Arbeitsschritte des Konstrukteurs	13
3	Aktueller Stand der Technik.....	14
3.1	Hybridrakete ZEpHyR 1	14
3.2	Schleudergussanlagen für Paraffin.....	15
3.3	Schleudergussanlage der ZEpHyR 1	16
3.3.1	Beschreibung	16
3.3.2	Inbetriebnahme.....	19
3.3.3	Herausforderungen beim Betrieb der Schleudergussanlage.....	23
4	Auslegung und Herleitung der wichtigsten Bauteile.....	25
4.1	Auslegung des Flugtreibsatzes	25
4.2	Flanschwellendurchmesser.....	26
4.2.1	Durchmesser bei Biegebelastung	27
4.2.2	Wellendurchmesser bei Torsionsbelastung.....	28
4.2.3	Wellendurchmesser bei Biege- und Torsionsbelastung	29
4.2.4	Dynamische Festigkeitsberechnung	29
4.3	Schienenstangendurchmesser	30
4.4	Lastfälle bei den beiden Anlagenpositionen	31
4.5	Material (Stahl, Aluminium)	34
4.5.1	Auswahl der Materialien für die Schleudergussanlage	34

5	Konstruktion.....	36
5.1	Entwerfen und Gestalten	36
5.1.1	Drei Grundregeln beim Entwerfen und Gestalten.....	36
5.1.2	Vorgehen und verwendete Leitlinien	37
6	Konstruktion der neuen Schleudergussanlage	38
6.1	Anforderungen an die neue Schleudergussanlage.....	38
6.2	Vorläufiges Konzept des Grundsystems der Schleudergussanlage.....	39
6.3	Konstruktive Designentscheidung der wichtigsten Baugruppen	41
6.3.1	Evaluation.....	44
6.4	Optimiertes Endkonzept der neuen Schleudergussanlage.....	44
6.5	Gegenüberstellung und Vorstellung der Baugruppen	46
6.5.1	Der Liner	46
6.5.2	Das Kippsystem.....	46
6.5.3	Das Schienensystem	49
6.5.4	Der Schlitten.....	50
6.5.5	Die Flanschwellen	51
6.5.6	Halterungen des Heizsystems.....	55
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	56
	Quellenverzeichnis	58
	Anhang	61

I Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: <i>Rakete mit Zwei- und Drei-Stufen-System. Zeichnung nach Johannes Schmidlap [3]</i>	3
Abbildung 2.2: <i>Raketenmotor der GRID-09, gebaut 1933 in der UDSSR [9]</i>	4
Abbildung 2.3: <i>GRID-09 und GRID-X (v. l. n. r.) [10]</i>	4
Abbildung 2.4: <i>Erstes Sputnik-Modell im Maßstab 1:1 [17]</i>	5
Abbildung 2.5: <i>Der Wurf ist die Aktion und es folgt sofort die Reaktion, indem sich der Wagen in die entgegengesetzte Richtung bewegt [19, S. 8]</i>	6
Abbildung 2.6: <i>Schematischer Aufbau eines Hybridtriebwerks mit Druckgasförderung [21]</i>	7
Abbildung 2.7: <i>Paraffintreibsatz mit Port</i>	11
Abbildung 2.8: <i>Konstruktionsschritte vom Vorprodukt bis zum neuen Fertigprodukt [28, S. 45]</i>	13
Abbildung 3.1: <i>Zusammenbau der ZEpHyR 1 [29, S. 16]</i>	14
Abbildung 3.2: <i>Schleudergussanlage aus Brünn in Tschechien [30, S. 9]</i>	15
Abbildung 3.3: <i>Aluminiumplatte mit Kugel-Stehlager mit Blechgehäuse aus Edelstahl und Flanschswelle</i>	17
Abbildung 3.4: <i>Abdrückplatte, Flanschaufnahme und Unterdruckventil</i>	17
Abbildung 3.5: <i>Die Kokille aus PF CC 42 in drei Ansichten</i>	18
Abbildung 3.6: <i>Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 mit der mit Aluminiumfolie isolierten Heizmatte</i>	19
Abbildung 3.7: <i>Der zusammengebaute Liner - Seiten und Schnittansicht</i>	19
Abbildung 3.8: <i>Zusammenbau des Liners in fünf Schritten: „1. Einölen, 2. Platzieren der Abdrückplatte, 3. Platzieren der Flanschaufnahme, 4. Ineinander schieben, 5. Einbaubereiter Liner“</i>	20
Abbildung 3.9: <i>Schleudergussanlage beim Aufschmelzen der Paraffinmischung, abgedeckt mit einer Holzplatte</i>	21
Abbildung 3.10: <i>Der Lösevorgang des Treibsatzes von den Bauteilen der Schleudergussanlage in fünf Schritten: „1. Lösen der Flanschaufnahme mit Welle und Platte, 2. Lösen der zweiten Flanschaufnahme, 3. Lösen der Abdrückplatten, 4. Flanschaufnahme von innen, 5. Fertiger Treibsatz“</i>	22
Abbildung 3.11: <i>Der fertige Treibsatz mit dem Fokus auf den Port</i>	23
Abbildung 4.1: <i>Biegebelastungsfall</i>	27
Abbildung 4.2: <i>Waagerechter Lastfall für die Schleudergussanlage</i>	31

Abbildung 4.3:	<i>Senkrechter Lastfall für die Schleudergussanlage</i>	33
Abbildung 6.1:	<i>Grundsystem der Schleudergussanlage in vertikaler Position zum Befüllen und Aufschmelzen von Paraffin</i>	40
Abbildung 6.2:	<i>Schleudergussanlage in der schrägen Seitenansicht</i>	41
Abbildung 6.3:	<i>Die Baugruppe Schlitten auf Gleitlagern mit der Flanschswelle aus dem Konzept der Grundsysteme</i>	41
Abbildung 6.4:	<i>Schienensystem von oben nach unten mit Gewindestange, Draufsicht, Schrägsicht und Seitenansicht</i>	42
Abbildung 6.5:	<i>Der Turm mit dem Klappmechanismus</i>	43
Abbildung 6.6:	<i>Die neue Schleudergussanlage, dargestellt in beiden möglichen Positionen</i>	45
Abbildung 6.7:	<i>Links der alte Liner, rechts der neue Liner</i>	46
Abbildung 6.8:	<i>Der Turm mit dem vorherigen Kippmechanismus</i>	47
Abbildung 6.9:	<i>Komponenten des neuen Kippmechanismus</i>	47
Abbildung 6.10:	<i>Der neu konstruierte Kippmechanismus</i>	48
Abbildung 6.11:	<i>Schienensystem des Grundkonzeptes</i>	49
Abbildung 6.12:	<i>Neues Schienensystem</i>	50
Abbildung 6.13:	<i>Schlitten aus dem Grundkonzept</i>	50
Abbildung 6.14:	<i>Gleitturm aus dem neuen Konzept</i>	51
Abbildung 6.15:	<i>Vorherige Flanschswelle</i>	52
Abbildung 6.16:	<i>Aktuelle Flanschswelle mit dem Unterdruckventil</i>	53
Abbildung 6.17:	<i>Unterdruckventil , Tellerfederdichtungsring und die M14 Mutter</i>	53
Abbildung 6.18:	<i>Vorherige Antriebsflanschswelle</i>	54
Abbildung 6.19:	<i>Aktuelle Antriebsflanschswelle mit dem Zahnriemenrad und Taper-Spannbuchse</i>	54
Abbildung 6.20:	<i>Gleitende und feste Heizmattenhalterung, jeweils in zwei Positionen</i>	55

II Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	<i>Übersicht der Vorteile eines Hybridtriebwerks [18, S. 3]</i>	7
Tabelle 2-2:	<i>Übersicht der Nachteile eines Hybridtriebwerks [18, S. 4]</i>	8
Tabelle 3-1:	<i>Tabelle mit den wichtigsten Angaben zur ZEpHyR 1 [29, S. 17]</i>	15
Tabelle 4-1:	<i>Errechnete Daten des Flugtreibsatzes der ZEpHyR 2</i>	26
Tabelle 4-2:	<i>Einflussnehmende Bauteile zur Bestimmung der Wellendicke</i>	26
Tabelle 4-3:	<i>Die wichtigsten Eigenschaften der Stähle, die sich für Wellen eignen [33]</i>	27
Tabelle 4-4:	<i>Die wichtigsten Daten zum Berechnen des Stangendurchmessers</i>	30
Tabelle 4-5:	<i>Gegebene und gesuchte Größen des waagerechten Lastfalles</i>	32

III Nomenklatur

Abkürzungen

CAD	Rechnerunterstütztes Konstruieren, englisch Computer-Aided Design
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
GIRD/ГИРД	Gruppe zur Erforschung reaktiver Antriebe, russisch <i>Группа изучения реактивного движения</i>
GIRD-09	Rakete-09
FLOX	Flüssiges Fluor-Sauerstoff-Gemisch, englisch liquid fluorine oxygen mixture
Kgf/кrc	Kilogram-force/ Kraftkilogramm/Kilopond (kp [1kp= 9,80665 N]), russisch <i>кгс килограмм-сила</i> (Kilogramm-sila)
LOX	Flüssigsauerstoff, englisch liquid oxygen
O/F	Oxidator zum Treibstoff
ORM/ OPM	Versuchsraketenmotor (ORM), russisch OPM (<i>Опытный Ракетный Мотор</i>)
STERN	Studentische Experimental-Raketen
UdSSR	Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, russisch <i>Союз Советских Социалистических Республик</i> (СССР)
ZARM	Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation
ZEрHyR	ZARM Experimental Hybrid Rocket

Formelzeichen

Symbol	Einheit	Bedeutung
d_G	mm	Außendurchmesser vom Treibsatz
d_W	mm	Außendurchmesser der Welle
d_P	mm	Durchmesser des Ports
F	N	Kraft
g	m/s^2	Erdbeschleunigung ($\sim 9,81 \text{ m/s}^2$)
h	cm	Länge
m	kg	Masse
M_b	Nmm	Biegemoment
M_t	Nmm	Torsionsmoment
M_v	Nmm	Vergleichsmoment aus Biegung und Torsion
n	min^{-1}	Drehzahl
n_{kr}	min^{-1}	Kritische Drehzahl
p	bar	Druck/ Gießdruck
P	W	Leistung
r_G	mm	Radius des Treibsatzes
r_P	mm	Radius des Ports
r_W	mm	Hebelarm/ Stabradius
V	cm^3	Volumen
V_{ges}	cm^3	Gesamtvolumen
V_s	cm^3	Volumen nach Schrumpfung
W_b	mm^3	Widerstandsmoment bei Biegung
W_t	mm^3	Widerstandsmoment bei Torsion
x	mm	Definierte Länge
ρ	kg/m^3	Dichte
σ_b	N/mm^2	Biegespannung
$\sigma_{b,zul}$	N/mm^2	Zulässige Biegespannung
τ_t	N/mm^2	Torsionsspannung
$\tau_{t,zul}$	N/mm^2	Zulässige Torsionsspannung
ω	rad/s	Winkelgeschwindigkeit

1 Einleitung

Das Programm der Studentischen Experimental-Raketen (Abk. STERN) wurde vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Abk. DLR) ausgeschrieben, um Studenten das Sammeln von ersten Erfahrungen in einem Raumfahrtprojekt zu ermöglichen. Der Beitrag der Universität Bremen zum STERN-Programm ist die ZEpHyR 2 (ZARM Experimental Hybrid Rocket) und wird durch das Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) geleitet. Es bietet Studenten die Gelegenheit eine Höhenforschungsrakete auszulegen, zu designen, zu bauen und in Betrieb zu nehmen sowie Erfahrungen in verschiedenen Bereichen der dazugehörigen Raketenforschung zu sammeln. Die ZEpHyR 2 soll deutlich größer werden als die Vorgängerrakete ZEpHyR 1.

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Auslegung und dem Konstruieren einer neuen Schleudergussanlage zur Herstellung von Paraffintreibsätzen für die ZEpHyR 2.

Die vorhandene Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 ist veraltet, sehr wartungsintensiv und verursacht beim Schleudern eine hohe Belastung für den Motor und die Wand. Der Grund hierfür ist, dass der Motor direkt an der Antriebswelle montiert wurde. Des Weiteren kann die vorhandene Anlage nur eine Größe von Paraffintreibsätzen herstellen. Deswegen soll sie durch eine neue Schleudergussanlage ersetzt werden.

Eine Entkopplung des Motors von der Antriebswelle soll mit zwei Zahnriemenrädern und einem Zahnriemen erreicht werden. Dadurch wird nicht nur eine geringere Belastung des Motors und der Wand erzielt, sondern auch eine Übersetzung integriert. Die neue Anlage soll Treibsätze bis zu einem Meter Länge herstellen können und einfach und sicher zu bedienen sein. Sie soll möglichst simpel und günstig in der Fertigung und Anschaffung der Materialien und Bauteile sein.

Durch eine Analyse der vorhandenen Schleudergussanlage wird eine mathematische und physikalische Auslegung der neuen Anlage durchgeführt. Daraufhin wird ein Konzept erarbeitet und die Anlage mit Hilfe des CAD-Programms Autodesk Fusion 360 konstruiert.

2 Theoretischer Hintergrund

Dieses Kapitel befasst sich zu Beginn mit der Geschichte der Raketen und insbesondere mit der Entwicklung des Hybridtriebwerks. Anschließend wird näher auf die Funktionsweise des Hybridtriebwerks eingegangen. Der Vollständigkeit halber werden die klassischen Formen der chemischen Antriebe kurz vorgestellt. Anschließend werden die Historie, die Funktionsweise und die wichtigsten Formeln des Schleudergießens aufgezeigt. Danach wird näher auf den Stoff Paraffin eingegangen und der Vorteil vom Schleuderverfahren bei der Paraffintreibsatzherstellung gegenüber dem Gießverfahren dargestellt.

2.1 Geschichte der Raketen und des Hybridtriebwerks

Die erste Überlieferung von Raketen stammt aus dem chinesischen Kaiserreich aus dem Jahr 1232. Die Raketen waren sehr einfach aufgebaut, sie bestanden aus einem mit Schießpulver gefüllten Papprohr, das an einem Stab befestigt war. Sie ähnelten unseren heutigen Feuerwerkskörpern und mit ihnen verteidigte sich das chinesische Kaiserreich erfolgreich gegen Angriffe der mongolischen Armee. Das Wissen über den Bau von Raketen breitete sich mit den Mongolen in den Nahen Osten und nach Europa aus [1].

Die erste Dokumentation einer gestarteten Rakete in Europa stammt aus dem Jahre 1555 aus dem rumänischen Hermannstadt. Die ballistische Rakete verfügte bereits über ein Drei-Stufen-Antriebssystem [2].

Conrad Haas, ein Militärtechniker und Raketenpionier, ergänzte zwischen 1529 und 1559 das *Hermannstädter Kunstbuch*, indem er eine Vielzahl von Raketentypen wie auch das Konzept der Mehrstufenrakete beschrieb [3].

Johannes Schmidlap gelang es 1561 vermutlich als Erstem, eine mehrstufige Rakete erfolgreich zu starten. Er stand wahrscheinlich mit Conrad Haas in Kontakt, da sein Werk *Künstliche vnd rechtschaffene Fewrwerck zum Schimpff, vormals im Truck nie ausgangen* auffällige Übereinstimmungen mit dem *Hermannstädter Kunstbuch* aufzeigt [4]. Die Abbildung 2.1 ist eine Zeichnung aus seinem Werk und zeigt zwei Raketen, eine mit Drei-Stufen-System, genannt *Rakete mit drei Schlägen*, und eine mit Zwei-Stufen-System, genannt *Rakete mit zwei Schlägen*.

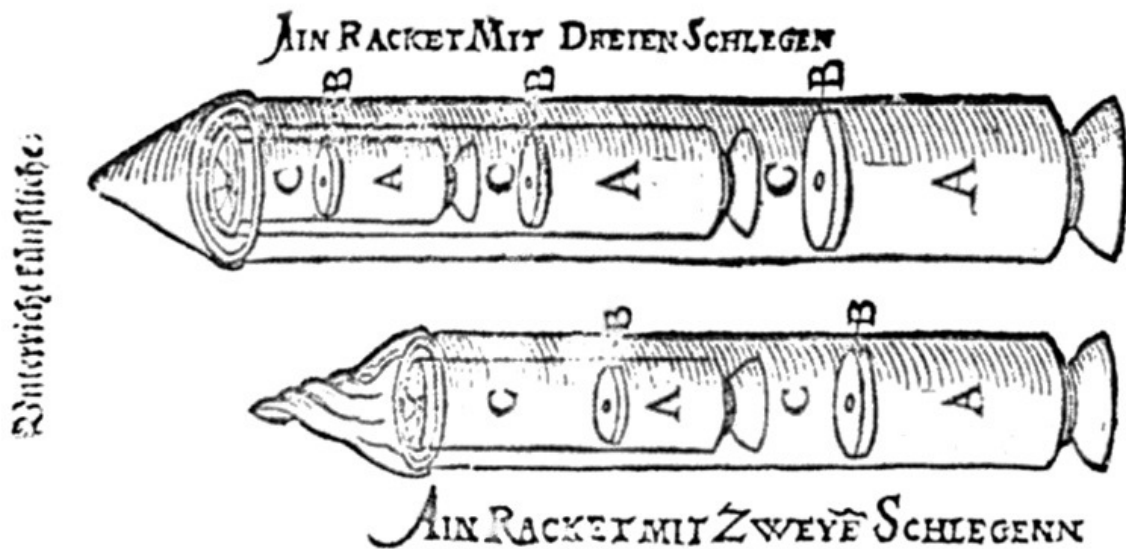


Abbildung 2.1: Rakete mit Zwei- und Drei-Stufen-System. Zeichnung nach Johannes Schmidlap [3]

In der 1687 erschienenen *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* stellte Newton seine drei Newtonschen Gesetze auf. Das dritte Newtonsche Gesetz, das Prinzip von Aktion und Reaktion, begründete die moderne Raumfahrt, da jedes Raketentriebwerk auf diesem Prinzip beruht [5, S. 73].

Unter der Leitung des sowjetischen Raketenkonstruktors Sergei Pawlowitsch Koroljew entwickelte 1933 der sowjetische Ingenieur Michail Klawdijewitsch Tichonrawow mit dem deutschbaltisch-sowjetischen Gelehrten und Raketenbauer Friedrich Arturowitsch Zander in der Gruppe zur Erforschung reaktiver Antriebe (Abk. GIRD) den Raketenmotor 09 [6], der in der Abbildung 2.2 zu sehen ist. Am 17.08.1933 startete in der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken (Abk. UDSSR) die erste bekannte Hybridrakete, die GIRD-09. Sie hatte ein Startgewicht von 19 kg und konnte einen Schub von 28 bis 53 kgf erreichen. Die GIRD-09 flog ca. 18 s lang und 400 m hoch, ihr Oxidator war Flüssigsauerstoff (Abk. LOX) und der Treibstoff geliertes Benzin (Gelee-ähnliche Lösung von Kolophonium in Benzin) [7; 8]. Die Modelle der Raketen GIRD-09 und GIRD-X sind auf der Abbildung 2.3 zu sehen.

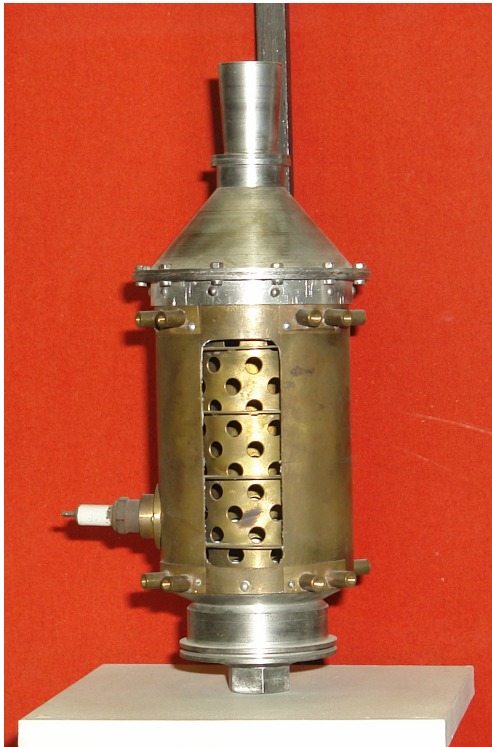


Abbildung 2.2: *Raketomotor der GRID-09, gebaut 1933 in der UDSSR [9]*



Abbildung 2.3: *GRID-09 und GRID-X (v. l. n. r.) [10]*

Des Weiteren arbeiteten die unterschiedlichen wissenschaftlichen Gruppen der GIRD an fünfzig weiteren Versuchsraketenmotoren der ORM Serie, vom ORM-3 bis zum ORM-52-Motor. Jene waren jedoch alles Flüssig-Flüssig-Antriebe. Die Oxidatoren waren LOX, Salpetersäure und Lösungen von Stickstofftetroxid in Salpetersäure, als Brennstoffe wurden Benzin, Benzol, Toluol und Kerosin verwendet. Der Entwurf des ORM-50-Motors hatte einen errechneten Schub von 150 kgf und der Motor ORM-52 bis zu 300 kgf. Der im Herbst 1933 getestete Flüssigraketenantriebsmotor ORM-52 hatte einen spezifischen Impuls von 210 s und einen Brennkammerdruck von 25 kgf/cm² [7].

Unter der Leitung von Wernher von Braun [11] wurde 1933 mit einer Gruppe von Wissenschaftlern die Versuchsrakete Aggregat 1 entwickelt, die mit Alkohol und LOX einen Startschub von 2,94 kN aufwies. Die Rakete besaß eine Länge von 140 cm, einen Durchmesser von 30 cm und ein Startgewicht von 150 kg [12]. 1942 hob im damaligen

Deutschen Reich in Peenemünde die erste Großrakete, die Aggregat 4 (A4/V2), ab, deren Grundprinzip auf dem der Aggregat 1 beruhte [13, S. 267].

1957 verließ unter der Leitung von Koroljew eine leicht modifizierte Interkontinentalrakete auf Basis der V2 vom Typ R-7 die Erdatmosphäre und brachte den über 80 kg schweren Satelliten Sputnik in eine Umlaufbahn um die Erde, dessen Modell in der Abbildung 2.4 zu sehen ist. Die R-7 war als Träger von Wasserstoffbomben gedacht, ihre Beförderung ins Weltall war der Startschuss um die Vorherrschaft um dieses [14, S. 1; 15]. Gegen Ende 1957 wurde auch der Satellit Sputnik 2 mit einer Interkontinentalrakete vom Typ R-7 mit dem ersten Lebewesen, der Hündin Laika, in die Erdumlaufbahn geschossen. 1961 umkreiste Juri Alexejewitsch Gagarin die Erde als der erste Mensch im All [16, S. 6].

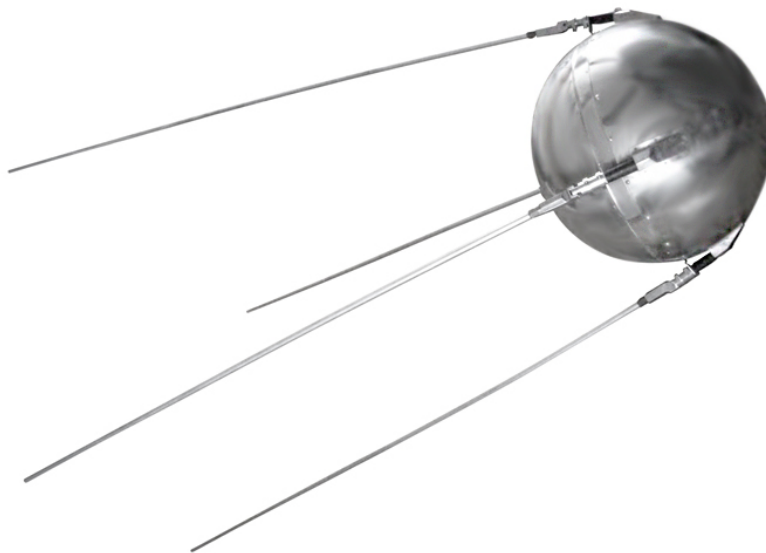


Abbildung 2.4: *Erstes Sputnik-Modell im Maßstab 1:1 [17]*

In den Vereinigten Staaten von Amerika (Abk. USA) stieg erst in den 1960er Jahren das Interesse an Hybridraketen. Als die Nationale Aeronautik- und Raumfahrtbehörde (Abk. NASA) das Potenzial erkannte, begann sie an der Universität „University of Tennessee at Chattanooga“ in Tennessee Projekte zur Erforschung hochenergetischer Treibstoffkombinationen zu finanzieren. Dort wurde der Lithiumhybridantrieb entwickelt und erfolgreich gebaut, der als Oxidator ein flüssiges Fluor-Sauerstoffgemisch (Abk. FLOX) und als Treibstoff erstmalig das Metall Lithium mit Hydroxyl-terminiertem Polybutadien (Abk. HTPB) als Bindemittel verwendete. Das Hybridtriebwerk hatte einen spezifischen Impuls von 380 s, der auch für heutige Verhältnisse hoch ist [18, S. 9–10].

2.2 Raketenhybridantrieb

Es gibt drei Arten von chemischen Raketenantrieben. Alle haben ihre Vor- und Nachteile und basieren auf dem dritten Newtonschen Gesetz (Aktion = Reaktion), welches als Schaubild in der Abbildung 2.5 dargestellt ist. Sie unterscheiden sich durch ihren Aggregatzustand und in der Lagerung des Oxidators und Treibstoffs.

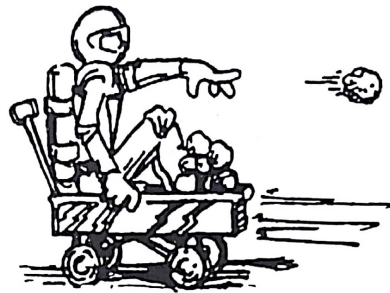


Abbildung 2.5: *Der Wurf ist die Aktion und es folgt sofort die Reaktion, indem sich der Wagen in die entgegengesetzte Richtung bewegt [19, S. 8]*

Bei Flüssigantrieben liegen beide Komponenten, sowohl der Treibstoff als auch der Oxidator, in flüssiger Form vor. Sie werden in unterschiedlichen Tanks gelagert und erst in der Brennkammer durch Düsen in der richtigen Konzentration miteinander vermischt und entzündet. Ihre Bauweise ist sehr komplex und kostenintensiv, bietet jedoch ein hohes Maß an Sicherheit aufgrund der separaten Lagerung der Stoffe. Diese Antriebsart wird bevorzugt wegen der einfachen Drosselungsmöglichkeit und einem hohen spezifischen Impuls, der über 400 s erreichen kann [20, S. 196–198].

Liegen beide Komponenten im festen Aggregatzustand vor, so handelt es sich um einen Feststoffantrieb. Bei der Herstellung des Treibsatzes wird der Treibstoff mit dem Oxidator versetzt, sodass eine stark reaktive Masse entsteht. Dieser Treibsatz wird bis zur Zündung komplett in der Brennkammer gelagert. Nach der Zündung ist es nicht mehr möglich die Reaktion zu drosseln oder zu stoppen. Die Reaktion endet nach der Verbrennung des gesamten Treibsatzes. Diese Form von Raketenantrieben ist günstig und hat einen spezifischen Impuls, der bei 280 s liegt, vereinzelt auch über 300 s [20, S. 416–419].

Eine Kombination der beiden Antriebsarten stellt das Hybridtriebwerk dar. Diese Triebwerke haben in den meisten Fällen einen flüssigen Oxidator und einen festen Treibstoff.

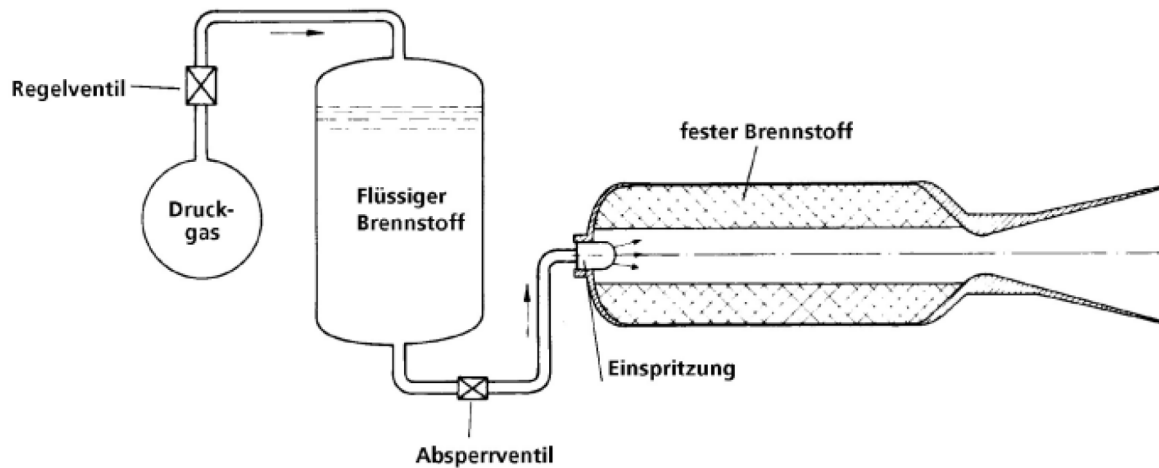


Abbildung 2.6: Schematischer Aufbau eines Hybridtriebwerks mit Druckgasförderung [21]

In der Abbildung 2.6 ist die schematische Darstellung eines typischen Hybridtriebwerks mit festem Treibstoff und flüssigem Oxidator zu sehen. Mittels eines Hochdrucktanks mit bspw. Helium wird der Oxidator (bspw. LOX) kontrolliert durch einen Injektor, der den flüssigen Oxidator in feine Tröpfchen zerstäubt, in die Vorbrennkammer gesprüht. Einmal gezündet, verbrennen beide Treibstoffkomponenten und strömen in Form von Heißgasen aus der Düse heraus. In den folgenden zwei Tabellen sind die Vorteile (vgl. Tabelle 2-1) und die Nachteile (vgl. Tabelle 2-2) im Vergleich zu den herkömmlichen Antriebsarten zusammengefasst [18, S. 1–4].

Tabelle 2-1: Übersicht der Vorteile eines Hybridtriebwerks [18, S. 3]

Vorteile	Grund
Sicherheit	Durch die räumliche Trennung von Oxidator und Treibstoff, keine spontane Selbstentzündung
Simple Schubregelung	Da nur eine Komponente über das Zuführsystem geregelt werden muss
Stabiler Treibsatz	Risse im Treibsatz haben keine katastrophalen Einflüsse auf die Verbrennung; Treibsatz temperaturunempfindlich
Fülle an Treibstoffmöglichkeiten	Zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten von Oxidator und Treibstoff, sowie Treibstoffvariationen möglich
Kosteneffizienz	Das Gesamtsystem ist günstig in der Herstellung, aufgrund geringer Komplexität
Umweltfreundlichkeit	Viele Kombinationen sind umweltschonender als die herkömmlichen Antriebe, z.B. Paraffin und LOX
Spezifischer Impuls	Der spezifische Impuls liegt über dem der Feststoffantriebe
Begünstigt Additive	Diese können im Vergleich zu Flüssigantrieben deutlich einfacher in den Treibstoff eingebracht werden
Mehrfachzündung	Der Aufbau ermöglicht Mehrfachzündungen

Tabelle 2-2: Übersicht der Nachteile eines Hybridtriebwerks [18, S. 4]

Nachteile	Grund
Geringe Regressionsrate	Komplizierte Herstellung der Treibsatz-Geometrien z.B. Multiportdesign
Geringe Dichte	Eine geringe Regressionsrate muss eine größere Treibstoffoberfläche bieten
Verbrennungseffizienz	Geringer als bei den anderen Systemen
O/F Verhältnis variiert	Da der Port bei der Verbrennung größer wird, der Oxidatormassenstrom aber über die Brennzeit unverändert bleibt
Spezifischer Impuls	Der spezifische Impuls liegt unter dem der Flüssigantriebe
Langsame Antwortzeiten	Zündung- und Schubregelzeiten sind langsamer

2.3 Schleudergussverfahren

Der Schleuderguss ist ein Gießverfahren zur Herstellung von rotationssymmetrischen Bauteilen. Hierzu wird die Schmelze oder flüssiger Kunststoff in eine um ihre Mittelachse rotierende Kokille gefüllt. Durch reibungsbedingte Schubkräfte wird die Schmelze ebenfalls in Rotation versetzt und durch die Zentrifugalkraft an die Kokillenwand gepresst. Die Drehzahl der Kokille wird so gewählt, dass hohe Zentrifugalkräfte wirken, unter denen die Schmelze langsam durch Abkühlen erstarrt. Im Inneren bildet sich symmetrisch zur Drehachse ein zylindrischer Hohlkörper. Die Wandstärke kann durch genaues Abmessen oder Abwiegen des Gusswerkstoffes vergrößert oder verkleinert werden. Im Vergleich mit dem statischen Gießverfahren entsteht auf diese Weise ein Gefüge mit wesentlich weniger Poren, Lunkern und einem höheren Reinheitsgrad. Durch die starke Zentrifugalkraft werden viele Partikel, die zur Verunreinigung führen, an die Kokillenwand gedrückt. Die verunreinigte Schicht wird oft im nächsten Arbeitsschritt abgefräst. Dieses führt zu einer deutlich höheren Festigkeit des Gussstückes. Die Außenkontur des Bauteils wird durch die Innengeometrie der Kokille definiert. Die Drehachse kann horizontal, vertikal oder auch geneigt sein [22, S. 417–418].

Die ersten horizontalen Schleudergussmaschinen wurden in Deutschland ab 1926 für gusseiserne Druckrohre mit wassergekühlter Kokille nach de Lavaud [23, S. 82] gebaut. Heute werden in de Lavaud-Kokillen aber auch in Heißkokillen hauptsächlich 6 m lange Muffenrohre für Gas- und Wasserleitungen aus duktilem Gusseisen mit Kugelgraphit geschleudert, außerdem Zylinderlaufbüchsen und Kolbenringe aus Sondergusseisen.

Bei horizontalen Schleudergussmaschinen ist zum Überwinden des Schwerfeldes der Erde gegenüber anderen Winkellagen die geringste Mindestdrehzahl n erforderlich.

Die theoretische kritische Drehzahl n_{kr} nach Hurst [24, S. 75–76] wird aus dem Zusammenhang zwischen der Drehzahl n , der Dichte des Gusswerkstoffs ρ und dem Außendurchmesser der Kokille d errechnet:

$$n_{kr} \approx \frac{7200}{\rho \cdot \sqrt{d}} \quad (2.1)$$

Aus gießtechnischen Gründen arbeitet man mit Drehzahlen bis zu 4000 min^{-1} . Der Gießdruck p wird durch die Zentrifugalkraft erzeugt und kann nach der Formel von Väh [24, S. 76] näherungsweise berechnet werden, dabei steht ω für die Winkelgeschwindigkeit, g für die allgemeine Fallbeschleunigung, r für den Innenradius und R für den Außenradius:

$$p \approx \frac{\rho \cdot \omega^2}{3000 \cdot g} \cdot (R^2 - \frac{r^2}{R^2}) \quad (2.2)$$

Der Druck beim Schleuderguss kann drehzahlabhängig auf bis zu 50 bar ansteigen. Im Vergleich zu anderen Gießarten entstehen so dichtere, lunker- und einschlussfreie Gussgefüge [24, S. 75–76].

2.4 Paraffine/ Wachse

Paraffin (Lat. *parum affinis*, "wenig verwandt, wenig reaktionsfähig") bezeichnet ein Gemisch aus Alkanen (gesättigte Kohlenwasserstoffe) mit der allgemeinen Summenformel C_nH_{2n+2} . Die Zahl n liegt zwischen 18 und 32, die molare Masse damit zwischen 275 und 600 g/mol. Hartparaffin schmilzt zwischen 50 und 60 °C, Weichparaffin bei etwa 45 °C. Die Mikrowachse weisen Erstarrungspunkte zwischen 70 und 80 °C auf und enthalten Kettenlängen n von bis zu 75 Kohlenstoffatomen. Zwischen den Hartparaffinen und den Mikrowachsen liegen die Intermediate, die Erstarrungspunkte von 60 bis 70 °C aufweisen [25].

Chemische Eigenschaften:

Die Eigenschaften der Paraffine lassen sich direkt aus der homologen Reihe der Alkane herleiten. Paraffine sind in Reinform weiß durchscheinend, diese sind aus unverzweigten n- und verzweigten iso-Alkanen zusammengesetzt [25].

Physikalische Eigenschaften:

Paraffin ist wachsartig, brennbar, geruch- und geschmacklos, ungiftig, elektrisch isolierend, wasserabstoßend und mit Fetten und Wachsen zusammenschmelzbar, jedoch gegenüber vielen Chemikalien reaktionsträge. Beispielsweise ist es ziemlich beständig gegenüber Schwefelsäure, Brom und kalter Salpetersäure. Paraffin ist leicht löslich in Benzin, Ether und Chloroform aber unlöslich in Wasser. Beim Phasenübergang von fest zu flüssig weist Paraffin eine besonders große Volumenzunahme um bis zu 19 % auf [26, S. 9]. Die Dichte beträgt 0,81 - 0,92 g/cm³ und die Siedetemperatur liegt bei über 250 °C. Es wird unterschieden zwischen dünnflüssigen Paraffinen (Lat. *Paraffinum perliquidum*), die eine Viskosität von 25 bis 80 mPa*s haben und dickflüssigen Paraffinen (Lat. *Paraffinum liquidum*), die als ölige Flüssigkeit eine Viskosität von 110 bis 230 mPa*s haben. Darüber hinaus gibt es Hartparaffine (Lat. *Paraffinum solidum*), welche als feste kristalline Masse eine Erstarrungstemperatur von 50 bis 62 °C haben. In Hartparaffinen dominieren n-Alkane, in Mikrowachsen hingegen Iso-Alkane. Die Schmelzwärme der beiden Typen liegt zwischen 200 und 240 kJ/kg [25].

2.5 Schleuderguss mit Paraffinen

Der Schleuderguss von Paraffin unterscheidet sich zum Beispiel von dem von Metallen dahingehend, dass die Kokille mit dem Paraffin luftdicht verschlossen wird und vor dem Schleudern nur Luft über ein Unterdruckventil hinein kann. Bei Metallen wird in die rotierende Kokille gegossen, bis die richtige Menge erreicht ist. Eine Herausforderung beim Gießen von Paraffin stellt die enorme Volumenänderung, die beim Erwärmen und beim Erstarren entsteht, dar. Dabei können Hohlräume im Paraffingrain entstehen. Ferner kann der Port des Grains nicht beliebig klein werden. Deshalb wird der Schleuderguss bevorzugt, hierbei wirkt während des Erstarrungsprozesses die Zentrifugalkraft der Schrumpfung des Paraffins entgegen. So werden die geschleuderten Grains homogen und eignen sich als Treibsätze für Hybridtriebwerke. Je homogener der Treibsatz, desto gleichmäßiger das Abbrennen des Paraffins und umso stabiler ist der Schub. In der Abbildung 2.7 ist ein ideales

auskonstruiertes Paraffingrain zu sehen, das mit dem Programm Autodesk Fusion 360 erstellt wurde.

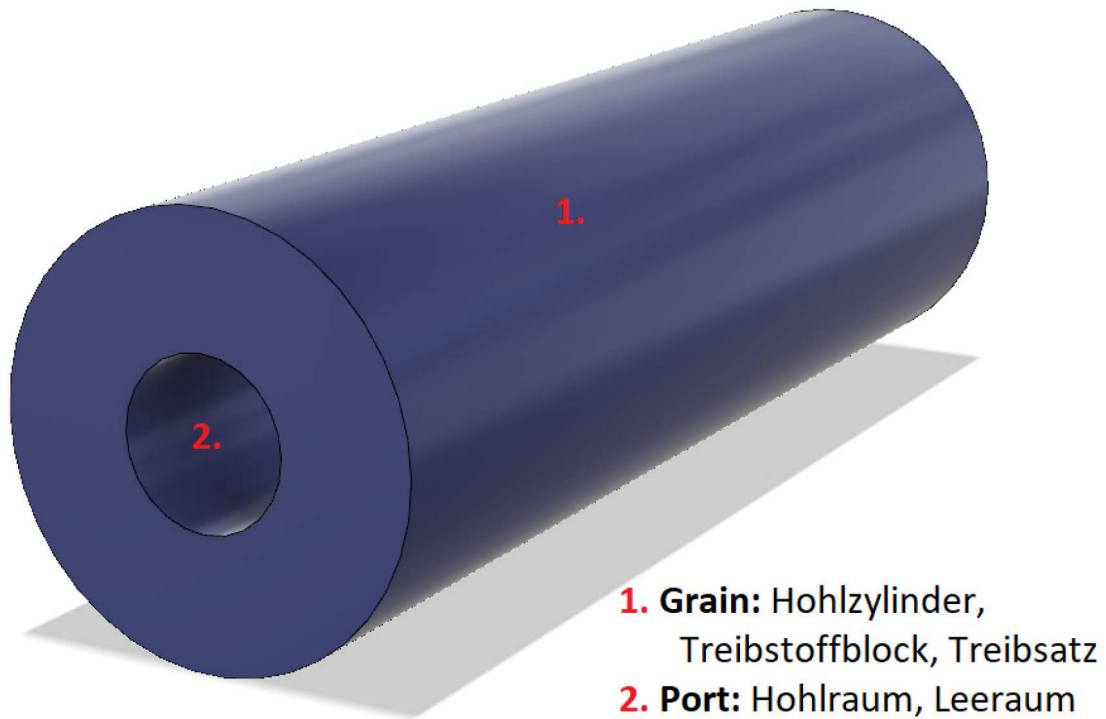


Abbildung 2.7: Paraffintreibsatz mit Port

2.6 Methodisches Konstruieren nach Rodenacker

Bei dem Vergleich der Arbeit eines Ingenieurs mit der eines Naturwissenschaftlers leitete Rodenacker die einzelnen Arbeitsschritte oder Konturierungsebenen ab [27, S. 35].

Der Arbeitsschritt Funktion:

In dem Arbeitsschritt der Funktion befasst sich der Konstrukteur mit der Forderung nach einem Produkt. Er stellt sich das zu konstruierende Produkt als Blackbox vor: Er kennt den In- und den Output, das Dazwischenliegende ist das zu konstruierende Produkt, die Blackbox. Nach dem Vorgehen von Rodenacker zerlegt der Konstrukteur die Blackbox in seine Funktionsgruppen und die wiederum in die kleinste Einheit der Funktionselemente. Es sind im Prinzip nur drei verschiedene Arten von Funktionselementen denkbar:

- Funktionselement Kopplung (Vereinigung, Veränderung)
- Funktionselement Sperrung (Trennung, Behinderung)

- Funktionselement Leitung (Führung, Kanäle)

Damit steht der Konstrukteur vor zwei Fragen, nämlich, wie man eine Blackbox richtig zerlegt und welche Funktionsgruppen oder Funktionselemente sich realisieren lassen. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Fragen je nach Anwendungsbereich unterschiedlich beantwortet werden können und gelegentlich auch Regeln unterliegen. Es gibt Ansätze zur Lösung der umgekehrten Aufgabe, in denen man Funktionselemente in komplizierten Funktionsgruppen aufbaut, bis hin zu kompletten Funktionsplänen, die eine Blackbox ausfüllen [27, S. 37–40].

Der Arbeitsschritt Physik:

Von den Funktionselementen und Funktionsgruppen sind bisher nur die Eingangs- und Ausgangsgrößen bekannt. Als nächstes soll ermittelt werden, welche Eigenschaftsänderungen man durch geschicktes Ausnutzen von Naturgesetzen und speziellen physikalischen Gesetzen erreichen kann, um die Funktionen der Blackbox zu realisieren. Denn die Funktionselemente entsprechen den physikalischen Effekten auf Ebene der Physik.

Der sicherste Weg ist es, selbst Experimente durchzuführen. Dieser Weg ist zugleich der teuerste und langwierigste und deshalb bei Konstrukteuren oft unbeliebt. Er muss trotzdem manchmal beschritten werden und zwar, wenn bei einer Maschine Störungen auftreten. Im Regelfall greift der Konstrukteur auf Bücher und physikalische Blätter zurück. Damit versucht er die einzelnen Einflussgrößen zu bestimmen und auszulegen. Das Ergebnis dieser Optimierung und Dimensionierung sind gebrauchsfertige physikalische Elemente, die oft in schriftlicher Form dokumentiert sind, auf die der Konstrukteur zurückgreifen kann, um sein Problem zu lösen [27, S. 41–45].

Der Arbeitsschritt Konstruktion:

Die Aufgabe der Konstruktion ist es, die Bauelemente und mögliche Eigenschaften auszuwählen und entsprechend dem Funktionsplan der Maschine festzulegen. Diese Tätigkeit wird oft als Hauptaufgabe des Konstrukteurs bezeichnet. Der Konstrukteur geht im Einzelnen etwa so vor:

Er sucht zunächst für jede Funktionsgruppe oder jedes Funktionselement bestimmte Bauteile aus, die den gestellten Anforderungen in etwa entsprechen. Er stellt fest, welche wesentlichen Eigenschaften die einzelnen Maschinenteile aufweisen müssen, und bestimmt, welche Wirkung diese auf ein Produkt ausüben sollen. Des Weiteren sind die kinematischen Eigenschaften der sich bewegenden Maschinenteile von Interesse. Durch die Kombination der

einzelnen Bauelemente und Festlegung der Wirkflächen- und kinematischen Eigenschaften erhält man einzelne Lösungen der Konstruktionsaufgabe. Durch die Variation der Lösungselemente erhält man weitere Gesamtlösungen [27, S. 45–48].

In der Abbildung 2.8 ist das Vorgehen nach Rodenacker schematisch aufgezeigt. Dieses Schema dient den Konstrukteuren als Richtlinie und sollte nicht als Regel angesehen werden.

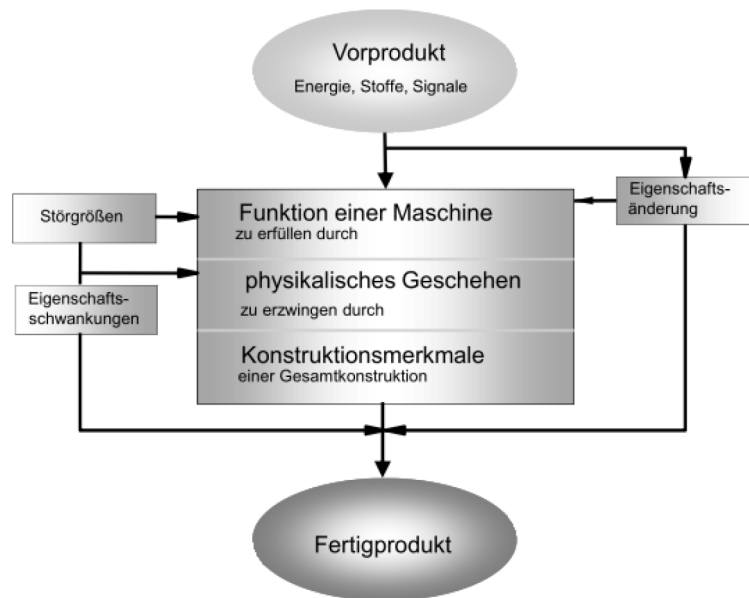


Abbildung 2.8: Konstruktionsschritte vom Vorprodukt bis zum neuen Fertigprodukt [28, S. 45]

2.6.1 Die acht Arbeitsschritte des Konstrukteurs

Mit diesen acht Arbeitsschritten ist nach Rodenacker eine erfolgreiche Konstruktion möglich:

1. Festlegung der Funktionsstruktur – logische Wirkungszusammenhänge
2. Klärung der Aufgabenstellung – geforderte Wirkungszusammenhänge
3. Festlegung des physikalischen Geschehens – physikalische Wirkungszusammenhänge
4. Festlegung des Wirkortes – konstruktive Wirkungszusammenhänge
5. Rechnerisches Festlegen von logischen, physikalischen und konstruktiven Wirkungszusammenhänge
6. Unterdrückung der Störgrößen und Fehler
7. Festlegung der Gesamtkonstruktion
8. Kriterien der Lösungswahl [28, S. 46]

3 Aktueller Stand der Technik

Dieses Kapitel befasst sich mit dem Stand der Technik der heutigen Schleudergussanlagen für Paraffin. Zu Beginn wird die Hybridrakete ZEpHyR 1 vorgestellt. Anschließend werden einige Schleudergussanlagen präsentiert. Daraufhin wird die Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 genau beschrieben, deren Funktion erklärt und dabei aufgezeigt, was verbesserungswürdig ist.

3.1 Hybridrakete ZEpHyR 1

In diesem Abschnitt wird kurz die Hybridrakete ZEpHyR 1 beschrieben, der Fokus liegt dabei auf dem Aufbau und den wichtigsten technischen Daten.

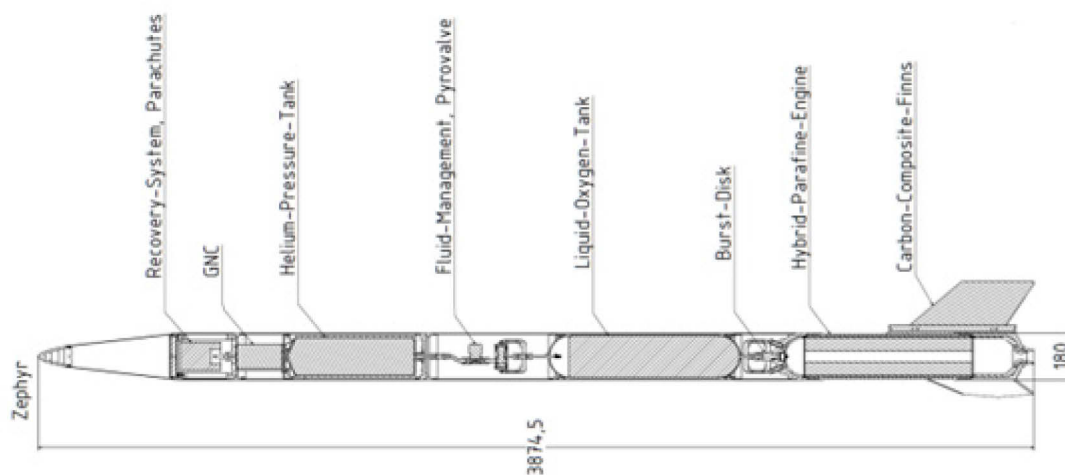


Abbildung 3.1: Zusammenbau der ZEpHyR 1 [29, S. 16]

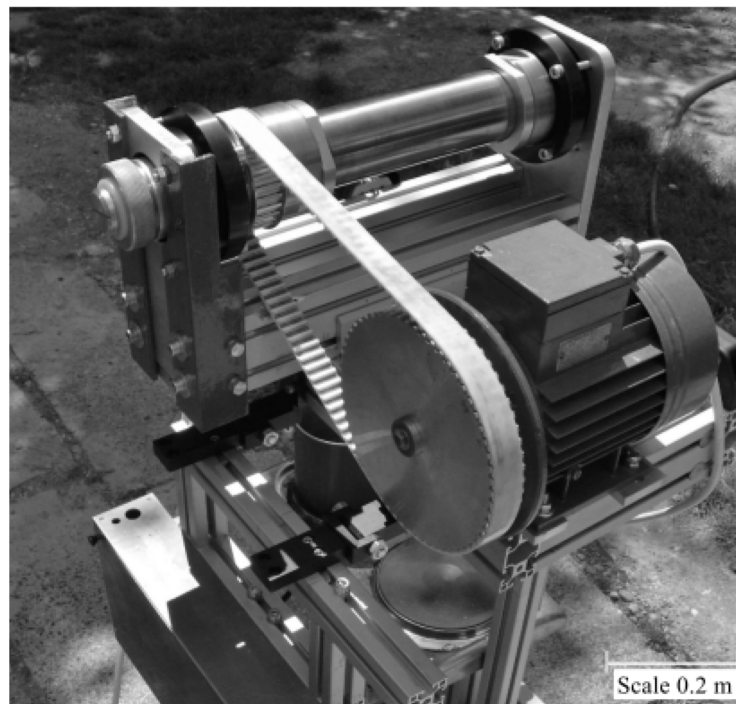
Die ZEpHyR 1 ist eine einstufige Hybridrakete mit einer Länge von 3874,5 mm und einem Durchmesser von 180 mm, deren Zusammenbau in der Abbildung 3.1 gezeigt ist. In der Spitze der Rakete befindet sich das zweistufige Bergungssystem, das aus einem Hochgeschwindigkeitsvorfallschirm und dem Hauptfallschirm besteht. Es folgt die Avionik mit dem Bordcomputer und der Messsensorik. Der Rest der Rakete besteht aus dem Antriebssystem, mit dem Heliumtank ganz oben, gefolgt von dem Fluid-Management, dem Sauerstofftank (Abk. LOX-Tank), dem Injektor und dem Paraffintreibsatz. Am Ende der Rakete befindet sich die Brennkammer mit der Düse, an der Verkleidung sind die Finnen befestigt. In der folgenden Tabelle 3-1 sind die wichtigsten Daten der Rakete enthalten [29, S. 16–17].

Tabelle 3-1: *Tabelle mit den wichtigsten Angaben zur ZEpHyR 1 [29, S. 17]*

	ZEpHyR 1
Raketentyp	Hybrid
Hersteller	ZARM Bremen
Nominaler Durchmesser	180 mm
Länge	3874,5 mm
Masse	80,05 kg
Schub	1,8 kN
Treibstoffkombination	LOX / Paraffin
Maximale Beschleunigung	5,7 G
Flugzeit bis zum Apogäum	50 s
Flugzeit bis zur Landung	550 s
Distanz	9 km

3.2 Schleudergussanlagen für Paraffin

Die Schleudergussanlage aus Brünn (vgl. Abbildung 3.2), basierend auf der Schleudergussanlage aus Stanford, kann Grains mit einem Außendurchmesser von maximal 60 mm und einer Länge von 500 mm herstellen. Sie hat eine verstellbare Spinnrate von 700 bis 2600 min^{-1} und wurde in der „Universität der Verteidigung“ in Tschechien gebaut. Auf diese Weise entsteht eine homogene Verteilung im Wachsgain [30, S. 8–9].

**Abbildung 3.2:** *Schleudergussanlage aus Brünn in Tschechien [30, S. 9]*

3.3 Schleudergussanlage der ZEpHyR 1

Die Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 gibt es seit dem Jahre 2015, sie wurde als Alternative für das damals nicht funktionierende Druckgussystem gebaut. Es wurde wenig Zeit in die Auslegung und Konstruktion investiert. Die Anlage wurde für die Herstellung von Treibsätzen aus Paraffin für die ZEpHyR 1 gebaut. Der erste Treibsatz der Schleudergussanlage wurde im September 2015 erstellt. Derzeit wird die Anlage von einem Team des Teststandes gewartet und betrieben. In naher Zukunft soll die Schleudergussanlage durch eine neue ersetzt werden.

3.3.1 Beschreibung

Die Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 ist auf einem Aluminiumprofil der Größe 45x90x1480 mm angebracht, welches an einer Wand montiert ist. Nach dem Lösen der M8 Fixierungsschrauben kann die Schleudergussanlage in zwei verschiedenen Positionen ausgerichtet werden. Die senkrechte Position dient der Befüllung der Anlage mit Wachs. Zum Schleudern wird das Aluminiumprofil mit der Schleudergussanlage in die waagerechte Lage gebracht und mit M8 Schrauben an der Wand fixiert. Auf der linken Seite des Aluminiumprofils sitzt der Drehstrom-Motor der Marke ADDA Antriebstechnik, das Model FE100LA-4, mit einer maximalen Leistung von 2,65 kW, einer maximalen Drehzahl von 1425 bis 1710 min⁻¹ und einer Flanschausführung. Der Flansch ist an einer Aluminiumplatte der Größe 365x250x15 mm mit einer kreisförmigen Aussparung mit vier M19 Schrauben und Muttern fest fixiert. Die Aluminiumplatte ist mit Winkeln am Aluminiumprofil verschraubt. An der Antriebswelle des Drehstrom-Motors sitzt eine elastische Kupplung der Größe 75. In einem Abstand von 100 mm von der Aluminiumplatte zu dem Motor ist eine der beiden Aluminiumplatten in der Größe 150x90x40 mm mit Winkeln am Aluminiumprofil verschraubt. Darauf ist ein Kugel-Stehlager mit Edelstahlblechgehäuse vom Typ SSBPP 205 geschraubt. Abbildung 3.3 zeigt eine der beiden Aluminiumplatten auf der ein Kugel-Stehlager mit einem Edelstahlblechgehäuse und einer Flanschswelle verbaut ist.

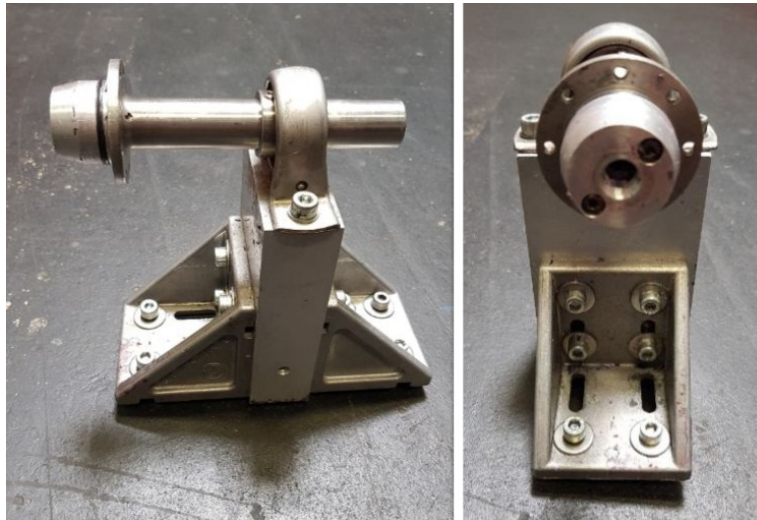


Abbildung 3.3: *Aluminiumplatte mit Kugel-Stehlager mit Blechgehäuse aus Edelstahl und Flanschswelle*

Der Abstand zwischen den beiden Aluminiumplatten mit Kugel-Stehlagern beträgt 800 mm. Im Kugel-Stehlager auf der Motorseite steckt eine Flanschswelle, die mit der elastischen Kupplung verbunden ist. Auf dem anderen Turm sitzt die Flanschswelle mit Unterdruckventil. Die Welle hat eine Gesamtlänge von 150 mm, die Flanschseite hat einen Außendurchmesser von 60 mm und eine Länge von 5 mm. Der Rest der Welle hat einen Außendurchmesser von 25 mm. Durch die Welle geht eine Bohrung mit einem M10 Gewinde. Zwischen den beiden Türmen ist ein Eisenrohr mit einem Außendurchmesser von 210 mm, einer Wandstärke von 10 mm und einer Länge von 710 mm eingespannt. Um das Rohr ist eine Heizmatte gewickelt. Die beiden rotationssymmetrischen Flanschsaufnahmen für die Kokille haben einen Außendurchmesser von 180 mm und eine Länge von 100 mm, innen sind jeweils drei Dichtungsringe im Abstand von 10 mm zueinander verbaut, um die Dichtigkeit zu gewährleisten. In beiden Flanschsaufnahmen sitzt jeweils eine Abdrückplatte mit einem Außendurchmesser von 150 mm und einer Dicke von 5 mm.



Abbildung 3.4: *Abdrückplatte, Flanschsaufnahme und Unterdruckventil.*

Die Seite mit dem Unterdruckventil hat ein Loch mit einem Durchmesser von 40 mm in der Mitte der Abdrückplatte, das zum Befüllen der Anlage dient. In der Abbildung 3.4 sind eine Abdrückplatte, eine Flanschaufnahme und das Unterdruckventil in zwei Positionen zu sehen. Die Kokille, die zwischen den beiden Flanschaufnahmen eingespannt wird, besteht aus Baumwollfasern, die mit Phenolharz vergossen sind (Abk. PF CC 42), und hat eine Länge von 650 mm, einen maximalen Außendurchmesser von 160 mm, einen minimalen Außendurchmesser von 141 mm und einen Innendurchmesser von 135 mm (vgl. Abbildung 3.5).



Abbildung 3.5: Die Kokille aus PF CC 42 in drei Ansichten

Der zusammengebaute Liner (vgl. Abbildung 3.8, Schritt 5) wird durch das Rohr mit der Heizmatte jeweils mit acht M4 Schrauben an den Flanschwellen verschraubt. Abbildung 3.6 zeigt die Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 in der Schleuderposition.



Abbildung 3.6: Schleudergussanlage der ZEPhyR 1 mit der mit Aluminiumfolie isolierten Heizmatte

3.3.2 Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme muss zuerst der Liner (vgl. Abbildung 3.7) zusammengebaut werden. Dazu werden beide Flanschsaufnahmen (Bauteile b und c) für die Kokille (Bauteil a) und beide Abdrückplatten (Bauteile d und f) mit Isopropanol gereinigt.

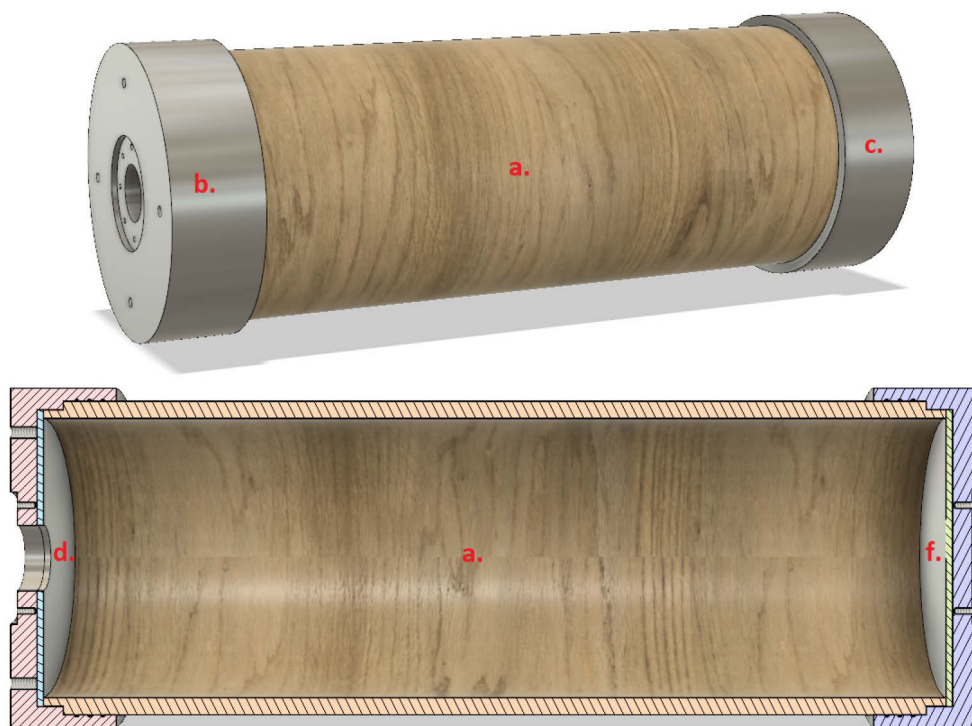


Abbildung 3.7: Der zusammengebaute Liner - Seiten und Schnittansicht

Die Gummidichtungen werden überprüft, da sie aufgrund der hohen Abnutzung regelmäßig gewechselt werden müssen. Weiterhin wird das Trennmittel auf beiden Abdrückplatten und Flanschsaufnahmen aufgebracht. Eine dünne Ölschicht wird auf der Oberseite der Kokille aufgebracht, jedoch nur an der Stelle, wo die Flanschsaufnahme auf der Kokille sitzt. Dies wird gemacht, damit die Kokille beim Zusammenbauen mit der Flanschsaufnahme nicht beschädigt wird.

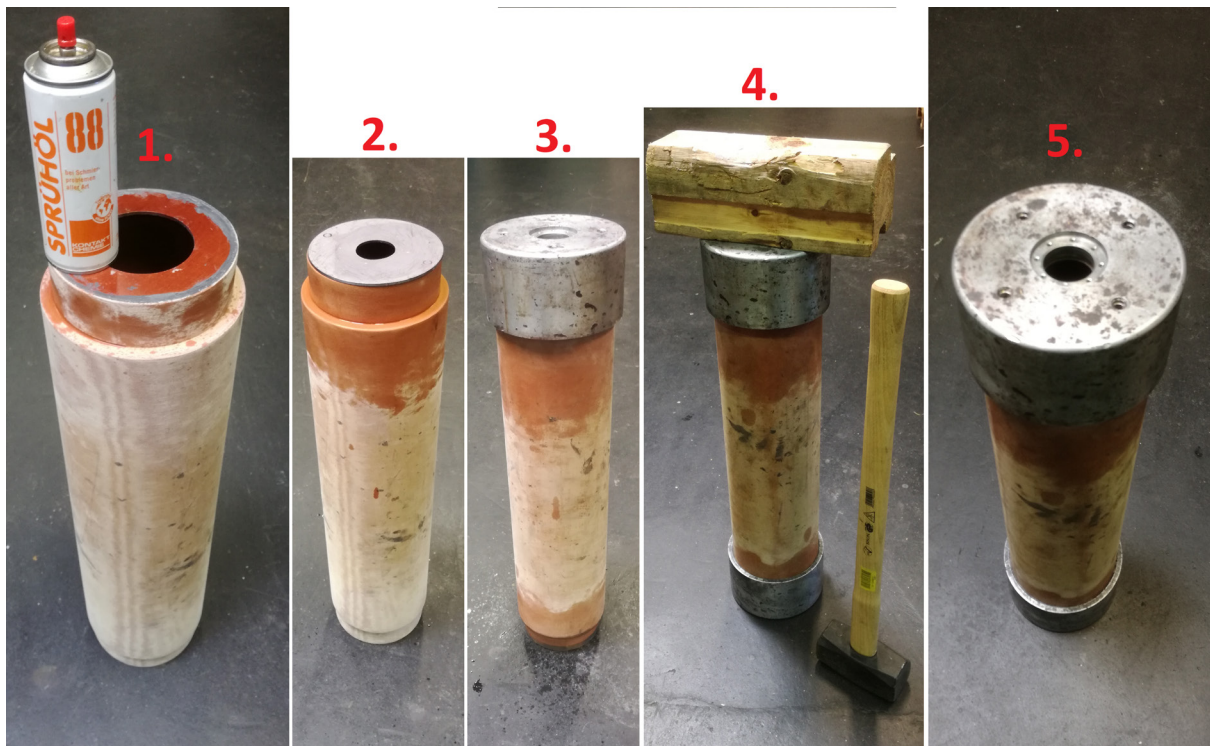


Abbildung 3.8: Zusammenbau des Liners in fünf Schritten: „1. Einölen, 2. Platzieren der Abdrückplatte, 3. Platzieren der Flanschsaufnahme, 4. Ineinander schieben, 5. Einbaubereiter Liner“

Die Kokille wird senkrecht aufgestellt und eine Abdrückplatte auf der Öffnung zentriert (vgl. Abbildung 3.8, Schritt 2). Daraufhin wird nun die Flanschsaufnahme mit der Öffnung nach unten gesetzt und mit einem Gummihammer vorsichtig heruntergeschlagen, sodass die Kokille fest in der Aufnahme sitzt (vgl. Abbildung 3.8, Schritt 3). Es wird darauf geachtet, dass die Abdrückplatte keinen Bewegungsfreiraum zwischen Flanschsaufnahme und Kokille hat. Nun wird die Kokille um 180° gedreht und der Vorgang wird analog mit der anderen Abdrückplatte wiederholt. Sind neue Gummidichtungen verbaut, reicht die Kraftübertragung des Gummihammers nicht aus, um die Einzelteile ineinanderzustecken. In diesem Fall wird auf die Flanschsaufnahme ein Holzblock gelegt und dieser vorsichtig mit einem Vorschlaghammer heruntergehauen (vgl. Abbildung 3.8, Schritt 4), bis kein Freiraum zwischen den Bauteilen mehr ist. In der Abbildung 3.8 ist der Ablauf des Zusammenbaus des

Liners in fünf Schritten zu sehen. Im Anschluss daran wird der Liner mit der Flanschaufnahme in die Schleudergussanlage, die sich in der waagerechten Position befindet, horizontal durch das Rohr mit der Heizmatte geschoben. Dort wird die Flanschaufnahme des Liners an die Flanschswelle mit acht M4x16 Schrauben montiert. Dazu wird der Liner angehoben und so ausgerichtet, dass die Gewinde der Flanschaufnahme unter den Löchern der Flanschswelle zu sehen sind und miteinander verschraubt werden können; die Durchführung bedarf zweier Personen. Die vier Gewindebohrungen an der Flanschaufnahme werden mit M8x16 Schrauben und Kupferdichtringen verschlossen. Zum Kippen der Schleudergussanlage wird die M8 Verschraubung an beiden Seiten des Aluminiumprofils von der Wand gelöst. Die Schleudergussanlage wird senkrecht aufgerichtet und mit Wachsgranulat befüllt. Die Temperatur der Heizmatte muss aufgrund des Wärmeverlustes über das Edelstahl- und Baumwoll-Phenolharzrohr auf 150°C eingestellt werden, um das Wachs langsam aufzuschmelzen. Das Wachs soll eine Temperatur von 130°C nicht übersteigen. In der Abbildung 3.9 ist die Anlage beim Aufschmelzvorgang des Wachses abgebildet, die Öffnung des Liners ist mit einer Holzplatte abgedeckt, was der Wärmeisolation dient. Durch die Holzplatte wird ein Thermoelement in das Wachs geführt, das die Temperatur misst und vom Leitstand aus ausgelesen werden kann.



Abbildung 3.9: Schleudergussanlage beim Aufschmelzen der Paraffinmischung, abgedeckt mit einer Holzplatte

Sobald das Wachs geschmolzen ist, wird weiteres Wachs eingefüllt, bis der Liner voll ist. Das Loch in der oberen Flanschaufnahme über der Flanschswelle wird mit dem Unterdruckventil ausgerichtet und mit acht M4x16 Schrauben verschlossen. Zum Fixieren des Liners werden die Schrauben von den Aluminiumplatten mit Kugel-Stehlagern mit der Flanschswelle fest an das Aluminiumprofil verschraubt. Zwei der vier Gewindebohrungen der oberen Flanschaufnahme des Liners müssen mit M8x16 Schrauben und Kupferdichtringen fest verschlossen werden, damit daraus weniger Hitze entweichen kann. Sobald das gesamte Wachs aufgeschmolzen ist, werden die letzten beiden Gewindebohrungen mit M8x16 Schrauben fest verschlossen. Danach wird die Schleudergussanlage wieder in die horizontale Position gebracht und an der Wand mit M8 Schrauben verschraubt. Ab diesem Moment ist die Schleudergussanlage schleuderbereit. Die Anlage wird über die LabVIEW-Oberfläche von einem Kontrollstand aus, der sich in einem separaten Raum befindet, betrieben. Ein Warnschild mit der Beschriftung „Schleudergussanlage in Betrieb. Gefahr, nicht eintreten!“ wird an der Tür des Teststands, in dem die Schleudergussanlage steht, angebracht und die Tür geschlossen. Die Überwachungskamera und die Steuerungssoftware der Schleudergussanlage werden über LabVIEW im Kontrollraum gestartet. Im Anschluss daran wird die Heizmatte abgeschaltet und mit einer Drehzahl von 400 min^{-1} überprüft, ob die Anlage dicht ist. Danach wird die Drehzahl auf 1200 min^{-1} erhöht und für die Dauer von acht Stunden geschleudert.



Abbildung 3.10: Der Lösevorgang des Treibsatzes von den Bauteilen der Schleudergussanlage in fünf Schritten: „1. Lösen der Flanschaufnahme mit Welle und Platte, 2. Lösen der zweiten Flanschaufnahme, 3. Lösen der Abdrückplatten, 4. Flanschaufnahme von innen, 5. Fertiger Treibsatz“

Nach Ablauf der Zeit werden die vier M8 Schrauben der freistehenden Flanschswelle mit Flanschaufnahme sowie die Verbindung der Aluminiumplatte mit dem Unterdruckventil zum Aluminiumprofil gelöst. Danach werden zwei M8x60 Schrauben vorsichtig nacheinander in

die Flanschaufnahme geschraubt, bis diese sich vom Liner löst und abgenommen werden kann (vgl. Abbildung 3.10, Schritt 1). Anschließend werden die acht M4 Schrauben auf der Motorseite aus der Flanschswelle geschraubt und der Liner aus der Schleudergussanlage herausgenommen. Daraufhin wird die Flanschaufnahme vorsichtig vom Grain gelöst und mit den beiden M8x60 Schrauben gleichmäßig hineingeschraubt (vgl. Abbildung 3.10, Schritt 2), sodass sie auf die Abdrückplatte drücken, bis sich die Flanschaufnahme leicht abnehmen lässt (vgl. Abbildung 3.10, Schritte 3 und 4). Danach werden die Abdrückplatten mit einem Spachtel vom Grain gelöst und der Treibsatz, wie in der Abbildung 3.10 im fünften Schritt dargestellt, von den Bauteilen der Schleudergussanlage befreit. In der Abbildung 3.11 ist der fertige Treibsatz mit dem Fokus auf die Portqualität abgebildet.



Abbildung 3.11: Der fertige Treibsatz mit dem Fokus auf den Port

3.3.3 Herausforderungen beim Betrieb der Schleudergussanlage

Die Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 hat mehrere Aspekte, die bei der Inbetriebnahme als kritische Störquellen angesehen werden müssen. Diese sollen im Folgenden dargestellt werden.

Kontaktkorrosion:

Kontaktkorrosion tritt auf, wenn Edelstahlschrauben ohne Beschichtung bspw. Keramikpaste, in das Aluminium geschraubt werden. Es bildet sich Aluminiumoxid, das die Oberfläche des Gewindes vergrößert und die Edelstahlschraube festhält. Irgendwann ermüden die Edelstahlschrauben und der Schraubenkopf bricht beim Versuch, sie herauszudrehen, ab. Dieses wurde mehrmals bei den M4 Schrauben beobachtet.

Falschdimensionierte Schrauben und Gewinde:

Durch die zu klein ausgelegten Schrauben in der vorhandenen Konstruktion werden die Arbeitsschritte aufwendiger. Jene Schrauben müssen wiederholt ein- und ausgeschraubt werden, wodurch es zu Gewindeschäden kommt. Weiterhin nutzten sich diese nach mehrfacher Verwendung stark ab und sind somit für den Anwender schwer zu lösen.

Schlecht positionierte Schrauben:

Oft sind die verwendeten Schrauben schwer oder nur schlecht zu erreichen, da bei der Konstruktion nicht gezielt darauf geachtet wurde, die verwendeten Schrauben mit mehr Platz zu versehen.

Falschdimensionierte Lager:

Die beiden verbauten Kugel-Stehlager mit Blechgehäuse aus Edelstahl sind nicht für die beim Schleudern auftretenden Lasten und Erschütterungen geeignet. Deshalb müssen die Lager regelmäßig erneuert werden.

Elastische Kupplung:

Die Kupplung hat keine Übersetzung und das führt zu einer hohen Motorbelastung, da Vibrationen und Unwuchten gleichauf übersetzt werden. Dadurch wird auch die Wand über die Verankerung der Schleudergussanlage stark beansprucht, wodurch es beim Schleudervorgang zu erhöhter Lärmemission kommt.

Ungünstige Position des Unterdruckventils:

Das bei der Planung der Anlage vergessene Unterdruckventil führte beim Schleudervorgang zu einer Undichtigkeit beim Liner. Nachträglich wurde jenes Ventil an das Ende der Flanschswelle platziert, da die Oberfläche der Flanschswelle genügend Platz für das Ventil bietet und so keine großen Änderungen an der Anlage vorgenommen werden mussten. Diese Maßnahme hat zum Nachteil, dass weniger von der Paraffinmischung in den Liner passt und nach dem Schleudervorgang das Ventil vom Paraffin gesäubert werden muss.

Falschdimensioniertes Rohr für die Heizmatte:

Die zu große Wandstärke des Rohrs, welches sich unter der Heizmatte befindet, verursacht einen erhöhten Wärmeverlust bei der Wärmeleitung wodurch die Aufschmelzzeit zunimmt.

4 Auslegung und Herleitung der wichtigsten Bauteile

In diesem Kapitel wird auf die Vorauslegung, die Herleitung, die Materialwahl der wichtigsten Bauteile und den Kraftverlauf durch die Schleudergussanlage eingegangen.

4.1 Auslegung des Flugtreibsatzes

Für die Auslegung und Konstruktion des Fluggrains der Hybridrakete ZEpHyR 2 müssen bestimmte Parameter bekannt sein. Das Grain hat eine zylindrische Form, deswegen wird mit der Vollvolumenformel begonnen:

$$V = \pi \cdot r_G^2 \cdot h \quad (4.1)$$

$$r_G = \frac{d_G}{2} \quad (4.2)$$

Das Grain hat einen Durchmesser d_G von 21,2 cm und eine Länge h von 68,4 cm, somit ergibt sich für den Radius r_G ein Wert von 10,6 cm. Nach Anwendung der Volumenformel eines Vollzylinders erhält man ein Vollvolumen V von 24144,5 cm³. Mit diesem Ergebnis wird das Schrumpfvolumen V_s errechnet, das in der ZEpHyR 2 verwendeten Paraffinmischung bei ungefähr 15 % liegt.

$$V_s = V \cdot 0,15 \quad (4.3)$$

$$r_p = \sqrt{\frac{V_s}{\pi \cdot h}} \quad (4.4)$$

Jetzt kann man nach Umstellen der Volumengleichung den Radius des Ports r_p errechnen, dieser ergibt 4,1 cm. Um die Masse des Grains zu bestimmen, wird die Dichte ρ unserer Paraffinmischung benötigt, diese liegt bei 0,92 g/cm³.

$$m = V_{ges} \cdot \rho \quad (4.5)$$

$$V_{ges} = V - V_s \quad (4.6)$$

So ergibt sich für das Fluggrain eine Gesamtmasse von 18,9 kg. Mit diesem Wert hat man alle wichtigen Parameter um das Fluggrain zu konstruieren (siehe Abbildung 2.7), welche in der Tabelle 2.3 zusammengefasst sind.

Tabelle 4-1: *Errechnete Daten des Flugtreibsatzes der ZEpHyR 2*

	F.z.	Wert	Einheit
Durchmesser	d_G	21,2	cm
Radius	r_G	10,6	cm
Länge	h	68,4	cm
Vollvolumen	V	24144,472	cm ³
Volumenverlust (15% Schrumpfungsrage)	V_s	3621,671	cm ³
Durchmesser des Ports nach der Schrumpfung	d_P	8,211	cm
Radius des Ports nach der Schrumpfung	r_P	4,105	cm
Dichte der Paraffinmischung der ZEpHyR 2	ρ	0,92	g/cm ³
Masse des Treibsatzes der ZEpHyR 2	m	18,881	kg

4.2 Flanschwellendurchmesser

Die erste Auslegung des Flanschwellendurchmessers wurde mit dem MÄDLER Tool „Überschlägige Wellendimensionierung“ gemacht [31]. Des Weiteren wurde der Wellendurchmesser mit drei weiteren Wellen- und Achsenberechnungsprogrammen kontrolliert. Sie basieren auf den unten aufgelisteten Formen [32]. Alle errechneten Wellendurchmesser lagen unter 25 mm, weswegen der Wellendurchmesser der Schleudergussanlage der ZEpHyR 1 von 25 mm übernommen wurde.

Die einflussnehmenden Bauteile und Baugruppen zur Berechnung des Wellendurchmessers sind in der Tabelle 4-2 und die wichtigsten Stahleigenschaften in der Tabelle 4-3 aufgeführt:

Tabelle 4-2: *Einflussnehmende Bauteile zur Bestimmung der Wellendicke*

Einflussnehmende Bauteile	Wirkende Länge in mm	Gewicht in kg
Flanschelle mit Unterdruckventil	66	3,37
Antriebsflanschelle	120	5,12
Liner mit Paraffin gefüllt	730	76,15

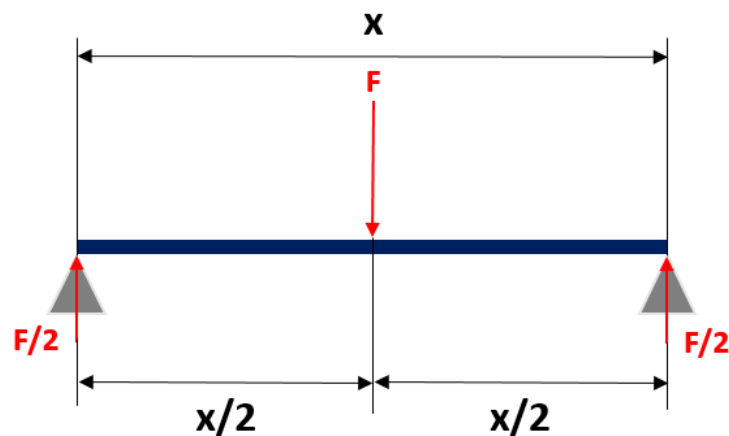
Tabelle 4-3: Die wichtigsten Eigenschaften der Stähle, die sich für Wellen eignen [33]

Stahlsorte	Werkstoff Nr.	σ_{min}	σ_{max}	τ_{min}	τ_{max}
E295	1.0050	195	355	145	205
16MnCr5	1.7131	500	500	300	300
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	220	260	150	150

In der Tabelle 4-3 sind drei Stahlsorten aufgeführt. Der unlegierte Stahl 1.0050 und der legierte Edelstahl 1.7131 eignen sich besonders gut für den Einsatz als Wellen und Achsen, da sie eine hohe Festigkeit besitzen. Dies zeigt zum Beispiel ein Vergleich mit dem Edelstahl 1.4571, der üblicherweise bei hochbelasteten Bauteilen am Triebwerksteststand des ZARM eingesetzt wird. Obgleich der Edelstahl 1.4571 eine niedrigere Festigkeit besitzt, wird er am Teststand vorzugsweise aufgrund seiner hohen Korrosionsbeständigkeit verwendet, wodurch er für den Einsatz mit Sauerstoff sehr gut geeignet ist.

4.2.1 Durchmesser bei Biegebelastung

In der Abbildung 4.1 ist der Biegebelastungsfall der Schleudergussanlage aufgezeigt.

**Abbildung 4.1:** Biegebelastungsfall

Allgemeine Biegemoment-Formel:

$$M_b = \frac{F}{2} \cdot \frac{x}{2} = F \cdot \frac{x}{4} \quad (4.7)$$

Allgemeine Biegespannung-Formel:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (4.8)$$

Wellen-Außendurchmesser einer Vollwelle bei Torsion:

$$d_W \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_b}{\pi \cdot \sigma_{b,zul}}} \approx 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_b}{\sigma_{b,zul}}} \quad (4.9)$$

Widerstandsmoment einer Vollwelle bei Torsion:

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot d_a^3 \quad (4.10)$$

Mit der Wirklänge x von 916 mm, die sich aus den Längen der mitwirkenden Bauteilen ergibt, deren Gesamtgewicht 85 kg beträgt, kann man das Biegemoment M_b von 191 Nm errechnen. Mit dem Biegemoment und der minimalen und maximalen Biegefestigkeit σ , die die verwendete Stahlsorte 1.0050 besitzt, kann man den benötigten Wellendurchmesser d_W errechnen. So ergibt sich für die Biegebelastung ein minimaler Durchmesser von 17,6 mm und ein maximaler Durchmesser von 21,5 mm [32].

4.2.2 Wellendurchmesser bei Torsionsbelastung

Allgemeine Torsionsmoment-Formel:

$$M_t = F \cdot r_W \quad (4.11)$$

Allgemeine Torsionsspannung-Formel:

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} \quad (4.12)$$

Wellen-Außendurchmesser einer Vollwelle bei Torsion:

$$d_W \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_{t,zul}}} \approx 1,72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\tau_{t,zul}}} \quad (4.13)$$

Widerstandsmoment einer Vollwelle bei Torsion:

$$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d_a^3 \quad (4.14)$$

Aus dem errechneten Wellendurchmesser von 21,5 mm für die Biegebelastung entnehmen wir den Stabradius r_w von 11 mm und das Gesamtgewicht für die Berechnung des Torsionsmoments M_t . Das Torsionsmoment beträgt 9,2 Nm und daraus ergibt sich mit der Trägheitsfestigkeit τ_t für die Torsionsbelastung ein minimaler Durchmesser von 6 mm und ein maximaler Durchmesser von 8 mm [32].

4.2.3 Wellendurchmesser bei Biege- und Torsionsbelastung

Vergleichsmoment aus Biege- und Torsionsmoment:

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + \left(\frac{\sigma_{b,zul}}{2 \cdot \tau_{t,zul}} \cdot M_t\right)^2} \quad (4.15)$$

Wellen-Außendurchmesser bei Vollwellen:

$$d_w \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_v}{\pi \cdot \sigma_{b,zul}}} \approx 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{b,zul}}} \quad (4.16)$$

Der minimal und maximal benötigte Wellendurchmesser, der sich aus der Kombination der Biege- und Torsionsbelastung ergibt, entspricht der reinen Biegebelastung. Der benötigte minimale Durchmesser beträgt 17,6 mm und der benötigte maximale Durchmesser 21.5 mm. Das liegt daran, dass die Torsionsbelastung bei der Schleudergussanlage minimal ist und die Wellen jeweils in Stehlagern sitzen [32].

4.2.4 Dynamische Festigkeitsberechnung

Eine weitere Möglichkeit zur Berechnung des Wellendurchmessers führt über die dynamische Festigkeitsberechnung. Die dazu benötigten Werte sind das verwendete Wellenmaterial (1.0050 und 1.7131), die Motorleistung und die aufgebrachte maximale Drehzahl.

Die Zahlenwertgleichung:

$$P = \frac{M_b \cdot n}{9550} \quad (4.17)$$

Mit einer maximalen Leistung P von 2,65 kW und einer maximalen Drehzahl von 1710 min⁻¹ ergibt sich nach Umstellen der Formel für $M_b = 93$ Nm.

$$M_v = 1,17 \cdot M_b \quad (4.18)$$

Für das Vergleichsmoment M_v ergibt sich ein Wert von 109 Nm.

Wellenentwurfsdurchmesser-Gleichung:

$$d_w = 3,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{\text{grenz}}}} \quad (4.19)$$

Für den Stahl 1.0050 ist $\sigma_{\text{grenz}} = 355$ N/mm² und für 1.7131 ist $\sigma_{\text{grenz}} = 500$ N/mm². So ergibt sich für 1.0050 ein Wellendurchmesser von 22,9 mm und für 1.7131 einer von 20,5 mm [34, S. 50].

4.3 Schienenstangendurchmesser

Der Durchmesser der beiden Schienenstangen wird mit der Formel (4.09) errechnet. Die dafür benötigten Werte sind in der Tabelle 4-3 und der Tabelle 4-4 aufgelistet.

Tabelle 4-4: Die wichtigsten Daten zum Berechnen des Stangendurchmessers

Einflussnehmende Bauteile/ Größen	Werte
Schienenstangen	1350 mm
Gleitender Turm	54,32 kg
Gleitende Heizmattenhalterung	20,02 kg
Fallbeschleunigung	9,81 m/s ²

Als erstes wird das Biegemoment mit der Formel (4.07) errechnet. Das sich daraus ergebende Biegemoment M_b beträgt 246,2 Nm. Mit den zulässigen Biegespannungen aus der Tabelle 4-3 und der Formel (4.09) lassen sich jetzt die benötigten Durchmesser errechnen. Für die Stahlsorte 1.0050 wird ein maximaler Durchmesser von 23,4 mm benötigt und für den

legierten Edelstahl 1.7131 wird ein maximaler Durchmesser von 17,1 mm benötigt. Deswegen wurde der Schienendurchmesser in der Konstruktion auf 25 mm aufgerundet [32].

4.4 Lastfälle bei den beiden Anlagenpositionen

Waagerechter Lastfall:

Mit dem waagerechten Lastfall sollen die wirkenden Kräfte auf die beiden Türme aufgezeigt werden. In der Abbildung 4.2 ist der waagerechte Lastfall dargestellt.

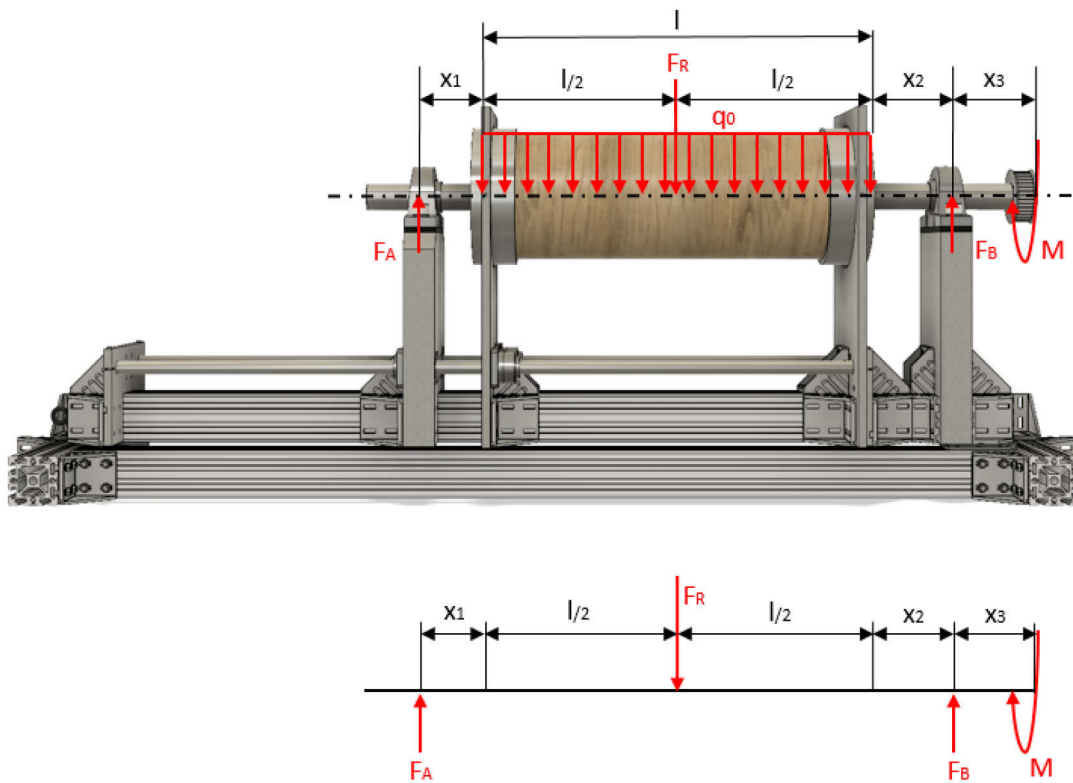


Abbildung 4.2: Waagerechter Lastfall für die Schleudergussanlage

Die bekannten und gesuchten Größen aus der Abbildung 4.2 sind in der Tabelle 4-5 aufgeführt.

Tabelle 4-5: Gegebene und gesuchte Größen des waagerechten Lastfalles

Bezeichnungen	Werte
F_A	<i>gesucht</i>
F_B	<i>gesucht</i>
F_R	<i>gesucht</i>
q_o	834 N/m
M	93 Nm
l	0,73 m
x_1	0,07 m
x_2	0,12 m
x_3	0,13 m

Der erste Schritt ist die Berechnung der resultierenden Kraft F_R , diese ergibt sich aus der Flächenlast q_o und dessen Wirklänge l .

$$F_R = q_o \cdot l = 834 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,73 \text{ m} \rightarrow F_R \approx 609 \text{ N} \quad (4.20)$$

Nachdem die resultierende Kraft bekannt ist, werden die restlichen beiden Kräfte durch Erstellen von Gleichgewichtsbedingungen errechnet.

Erzeugen eines Moments an der Stelle der angreifenden Kraft F_A :

$$\begin{aligned} \sum M_{F_A} = 0 & \quad \rightarrow F_B = \frac{F_R \cdot \left(x_1 + \frac{l}{2}\right)}{(x_1 + l + x_2)} + \frac{M}{(x_1 + l + x_2)} \\ & \rightarrow F_B = \frac{609 \text{ N} \cdot 0,435 \text{ m}}{0,92 \text{ m}} + \frac{93 \text{ Nm}}{0,92 \text{ m}} \rightarrow F_B \approx 389 \text{ N} \end{aligned} \quad (4.21)$$

Mit F_B kann man jetzt die letzte unbekannte Kraft F_A errechnen:

$$\uparrow \sum F = 0 \quad \rightarrow F_A = F_R - F_B = 609 \text{ N} - 389 \text{ N} \rightarrow F_A \approx 220 \text{ N} \quad (4.22)$$

Somit wirkt in der waagerechten Position eine Last von ca. 220 N auf den gleitenden Turm und eine Kraft von ca. 389 N auf den festen Turm [35, S. 49–67].

Senkrechter Lastfall:

Mit dem senkrechten Lastfall soll die wirkende Kraft auf den festen Turm gezeigt werden. In der Abbildung 4.3 ist der senkrechte Lastfall dargestellt. Der feste Turm muss eine Gewichtskraft F_G von ca. 813 N in der senkrechten Position tragen können. Die Länge l von 369 mm ist der Abstand zwischen dem Aluminiumprofil und der Mitte der Antriebsflanschswelle [35, S. 49–67].

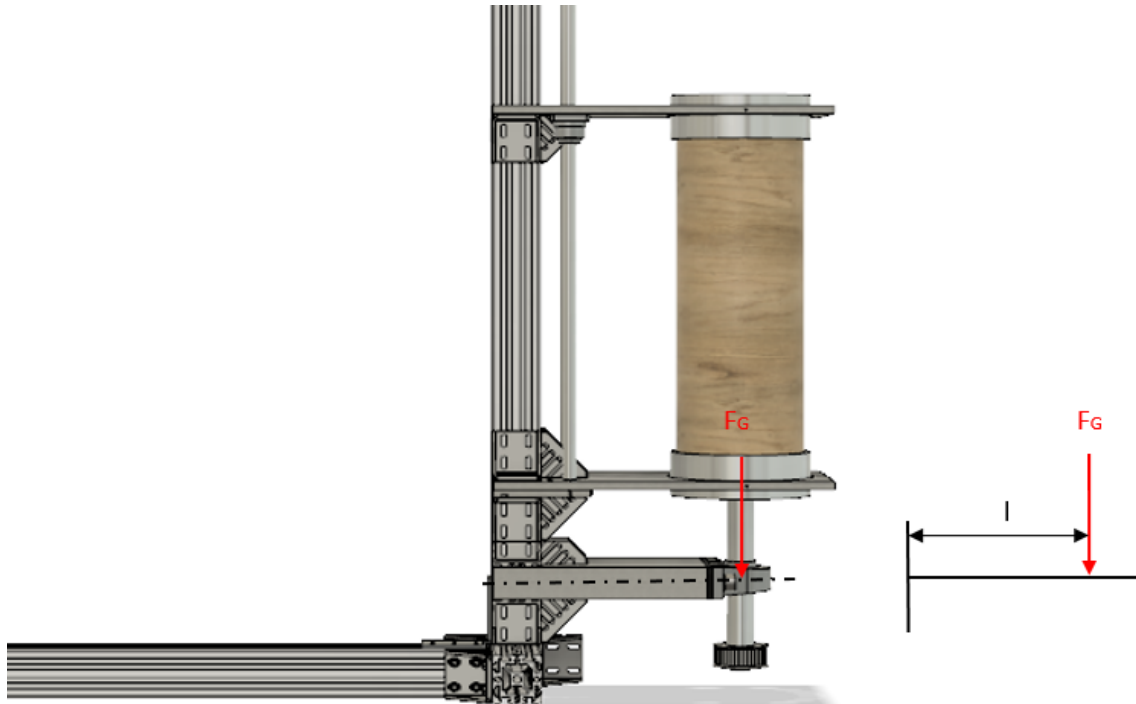


Abbildung 4.3: *Senkrechter Lastfall für die Schleudergussanlage*

4.5 Material (Stahl, Aluminium)

Stahl:

Als Stahl bezeichnet man eine Legierung mit Eisen als Hauptbestandteil und einem Kohlenstoffgehalt unter zwei Prozent. Dessen Gefügebestandteile können z.B. Ferrit, Perlit, Karbide usw. sein und die Gefügebildung ist z.B. feinkörnig, grobkörnig oder zeilig. Das Gefüge bestimmt dabei die Stahleigenschaften wie z.B. Festigkeit, Zähigkeit, Umformbarkeit, Zerspanbarkeit und Schweißbarkeit [34, S. 124].

Bevor man eine Stahlsorte für ein Bauteil aus den entsprechenden Tabellen wählt, ist es wichtig zu wissen, wo es zum Einsatz kommt und welche Eigenschaften das Material aufweisen muss. Danach muss man entscheiden, ob ein unlegierter Stahl ausreicht oder es doch eine legierte Stahlvariante sein soll. Legierungen können die Eigenschaften eines Stahls erhöhen oder vermindern je nach Einsatzbereich. Der Vorteil legierter Stahlsorten ist, dass deren spezifische Eigenschaften oft viel höher sind als die der unlegierten Stahlsorten. Der Nachteil ist, dass legierte Stahlsorten teurer als unlegierte Stahlsorten sind [34, S. 134].

Aluminium:

Aluminium ist ein Leichtmetall und ein chemisches Element, das in seiner Reinform einen Mindestaluminiumanteil von 99 % hat. Meistens werden Aluminiumlegierungen verwendet, da diese eine vergleichbare Festigkeit wie einige Edelstahl besitzen bei einer viel geringeren Dichte. Der Nachteil von Aluminiumlegierungen ist, dass diese oft zu Kontaktkorrosion neigen. Für die Auswahl von Aluminiumbauteilen ist das Vorgehen identisch wie bei Stahlbauteilen [34, S. 173–180].

4.5.1 Auswahl der Materialien für die Schleudergussanlage

Für die beiden **Flanschwellen** und beide **Schienenstangen** wird in der Literatur mindestens die Stahlsorte 1.0050 empfohlen, die aufgrund seiner Festigkeit und Zähigkeit zu den Qualitätsstahlsorten gehört und sich für die Bauteile „Wellen“ besonders gut eignet. Beim Einsatz von Wellen muss die Werkstofffestigkeit besonders hoch sein. Des Weiteren muss die Härtebarkeit gewährleistet sein und eine hohe Duktilität muss vorliegen, um der Kerbwirkung entgegenzuwirken [34, S. 134–135]. Wenn mehr Geld zur Verfügung steht, ist die legierte Einsatzstahlsorte 1.7131 aufgrund der hohen Festigkeit zu empfehlen [34, S. 137].

Für die beiden **Flanschaufnahmen** wird zumindest die Stahlsorte S235JR empfohlen, die auch zu den Qualitätsstahlsorten gehört. Der S235JR Stahl weist dieselben Eigenschaften wie die Stahlsorte 1.0050 auf und besitzt eine gute Schweißbarkeit [34, S. 134–135]. Auch bei diesen Bauteilen ist die legierte Einsatzstahlvariante 1.7131 wegen den besseren Eigenschaften empfehlenswert.

Für die verwendeten **Platten mit Bohrungen und Gewindebohrungen** wird empfohlen zumindest den Qualitätsstahl S185 zu verwenden. Dieser besitzt eine besonders gute Festigkeit und Edelstahlschrauben werden im Normalfall keine Kontaktkorrosion aufweisen. Alternativ ist eine Aluminiumlegierung mit Kupfer und Magnesium der Serie 2000 zu empfehlen, z.B. AlCu4SiMg ,Werkstoffnummer 2014 [34, S. 176], die sich besonders gut als tragendes Konstruktionselement von Maschinen aufgrund ihrer hohen Festigkeitswerte, der guten Warmfestigkeit und der guten Zerspanbarkeit im ausgehärteten Zustand eignet. Der Nachteil ist, dass Kontaktkorrosion auftreten kann [34, S. 173–179].

5 Konstruktion

In diesem Kapitel wird das konstruktive Vorgehen beim Entwerfen und Gestalten der neuen Schleudergussanlage erklärt. Die Konstruktion wird komplett mit dem Programm Autodesk Fusion 360 erstellt. Da eine alte Schleudergussanlage existiert, handelt es sich um eine Kombination aus Anpassungskonstruktion und Neukonstruktion. Dabei werden spezielle Anforderungen an die vorhandene Anlage durch Anpassen spezifischer Eigenschaften und Entwicklung neuer Systeme berücksichtigt.

5.1 Entwerfen und Gestalten

Entwerfen

Unter Entwerfen sind alle Tätigkeiten zur grafischen Darstellung von technischen Gebilden gemeint. Den Kern dabei bildet die gestalterische Festlegung eines prinzipiellen Lösungsansatzes, der die wesentliche Wirkstruktur des technischen Gebildes darstellt.

Gestalten

Zur Gestaltung gehören die Werkstoffauswahl sowie die Bemaßung der Bauteile, um die geforderte Funktion zu erfüllen. Dabei sind die Anforderungen aus einer Vielzahl von Gestaltungsmerkmalen einzuhalten und zu erfüllen. Unter Gestaltungsmerkmalen versteht man beispielsweise die Form, die Größe und die Oberfläche.

5.1.1 Drei Grundregeln beim Entwerfen und Gestalten

Die Grundregeln beim Entwerfen sind erstens Eindeutigkeit, zweitens Einfachheit und drittens das sichere Konstruieren. Dabei sind die wichtigsten Hauptmerkmale des Gestaltens zu beachten. Diese sind die Funktion, das Wirkprinzip, die Gestaltung, die Sicherheit, die Ergonomie, die Montage, der Gebrauch, die Instandhaltung und die Kosten [36, S. 16–21].

5.1.2 Vorgehen und verwendete Leitlinien

Nachfolgend werden die grundlegenden Schritte des in der vorliegenden Arbeit verwendeten Lösungskonzepts zum Gestalten der Schleudergussanlage festgelegt. Dazu gehören die Arbeitsschritte Grobgestaltung, Feingestaltung sowie Vervollständigung und Kontrolle der Schleudergussanlage.

Grobgestaltung:

Die Grobgestaltung beinhaltet drei Hauptfaktoren: Information, Definition und Kreation. Die Information umfasst das Erkennen der Anforderungen und die Klärung der räumlichen Bedingungen. Die Definition beinhaltet die Strukturierung der Anlage sowie eine grobe Einteilung der wichtigsten Baugruppen und Bauteile mit den dazugehörigen Entwürfen. Bei der Kreation werden weitere Bauteile grob ausgestaltet, womit sie den Übergang von der Grob- zur Feingestaltung bildet.

Feingestaltung:

Bei der Feingestaltung beginnt man mit der Suche nach wichtigen Nebenfunktionen. Die Baugruppen und Bauteile werden unter Berücksichtigung der Nebenfunktionen entworfen und auskonstruiert. Danach werden die Vorkonstruktion und die Entwürfe nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien bewertet. Letzte Fragen und gestalterische Änderungen der vorläufigen Gesamtkonstruktion werden besprochen und mit dem Vervollständigen und Kontrollieren der neuen Schleudergussanlage begonnen.

Vervollständigen und Kontrollieren:

In diesem Schritt werden die besprochenen Änderungen und Optimierungen in der neuen Konstruktion gestaltet. Es wird vermehrt und gezielt auf Fehler und Störgrößeneinflüsse geachtet. Alle Baugruppen und Bauteile werden detailliert auskonstruiert. Als nächstes müssen die Stücklisten, die Fertigungsanweisungen und die Montageanweisungen ausformuliert werden [36, S. 9–21].

6 Konstruktion der neuen Schleudergussanlage

In diesem Kapitel wird die neu ausgelegte Schleudergussanlage vorgestellt. Sie wird von einem Antriebsmotor mit einem Zahnriemen und Zahnriemenrädern entkoppelt und bekommt eine Übersetzung, damit der Motor keinen hohen Belastungen ausgesetzt wird. Des Weiteren sind noch zwei weitere Entkopplungen über Elastomer-Federplatten vorgesehen, um die Lärmemission zu senken. Bei der Konstruktion wird darauf geachtet, dass alle Schrauben gut zu erreichen sind und geeignete Materialien sowie der Last entsprechende Bauteile genutzt werden. An den Stellen, an denen häufig Schrauben verwendet werden, wird eine geeignete Größe für das Gewinde und die Schrauben gewählt, um Gewindeschäden und einem Abbrechen des Schraubenkopfes vorzubeugen.

Es werden die letzten beiden Konzepte aufgezeigt und gegenübergestellt. Im Konzept des Grundsystems (Kapitel 6.2 und 6.3) werden nur die wichtigsten Baugruppen für die Schleudergussanlage konstruiert. Der Fokus liegt auf den drei Baugruppen Schlitten, Schienensystem und Kippmechanismus. Nach der Evaluation des Grundsystems werden im Endkonzept (Kapitel 6.4) einige Baugruppen verworfen oder durch neue Mechanismen ersetzt sowie ein neuer Kippmechanismus vorgestellt. Die Untersysteme, sämtliche Bauteile und Baugruppen werden neu auskonstruiert. Dabei wird darauf geachtet, dass alle Bauteile leicht zu fertigen oder im Handel verfügbar sind.

6.1 Anforderungen an die neue Schleudergussanlage

Die Anforderungen an die neue Schleudergussanlage ergeben sich aus den in Kapitel 3 aufgeführten Defiziten der alten Anlage. Die neue Anlage soll unterschiedlich große Treibsätze herstellen können, die bis zu einer Länge von 1000 mm reichen. Die Anlage soll sowohl im Boden als auch an der Wand verankert werden. Des Weiteren soll der Antriebsmotor von der Anlage entkoppelt werden. Auch soll ein neuer Kippmechanismus entwickelt werden. Alle häufig genutzten Bauteile sollen leicht zu erreichen sein, insbesondere die Schrauben und Muttern sollen gut zugänglich sein. Es soll darauf geachtet werden, dass die verwendeten Materialien den Belastungen standhalten sowie die Bauteile leicht zu fertigen und möglichst günstig sind.

6.2 Vorläufiges Konzept des Grundsystems der Schleudergussanlage

Die Schleudergussanlage aus dem vorletzten Konzept des Grundsystems besteht aus vier Hauptbaugruppen. Die erste Baugruppe ist der Liner (vgl. Abbildung 3.7), der aus fünf Hauptbauteilen, zwei Edelstahl-Flanschsaufnahmen, zwei Abdrückplatten, einer Kokille aus PF CC 42, sechs Dichtringen und mindestens acht M8 Schrauben besteht. Seine Hauptfunktion besteht darin, die Form für den Paraffintreibsatz zu bilden. Eine Herausforderung ist, dass er den hohen Belastungen des Schleudervorgangs standhält und währenddessen dicht bleibt.

Die zweite Baugruppe ist der Schlitten (vgl. Abbildung 6.3), der aus 13 Bauteilen, vielen Unterlegscheiben und verschiedenen langen Schrauben und Muttern der Größen M6, M8 und M12 besteht. Die Hauptaufgabe des Schlittens ist es, die Flanschwelle an dem Liner zu halten. Des Weiteren sollen die entstehenden Kräfte und Vibrationen gedämpft und in das Aluminiumprofil geleitet werden.

Die dritte Baugruppe ist das Schienensystem (vgl. Abbildung 6.4), welches aus neun Bauteilen, vielen Unterlegscheiben und unterschiedlich langen Schrauben und Muttern der Größe M4, M8 und M12 besteht. Seine Aufgabe ist es, den Schlitten zu führen.

Die letzte Hauptbaugruppe ist der Turm (vgl. Abbildung 6.5), welcher aus neun Einzelbauteilen, Unterlegscheiben, Schrauben und Muttern der Größen M6, M8 und M12 besteht. Die Schleudergussanlage wird über das 1680 mm lange Aluminiumprofil vom Typ 90x90H am Boden verankert. Darauf werden die ganzen Baugruppen der Schleudergussanlage verbaut. Auf der linken Seite des Aluminiumprofils steht das Schienensystem, in welches der Schlitten integriert ist. Direkt hinter dem Schienensystem, auf der rechten Seite des Aluminiumprofils, steht der Turm. An der Flanschwelle des Turms wird der Liner über die Flanschsaufnahme verbunden. Wie auf der Abbildung 6.1 zu sehen ist, wird der Liner über das Kippsystem des Turms in die senkrechte Position gebracht. Jene Position dient der Befüllung und dem Aufschmelzen des Paraffins im Liner.

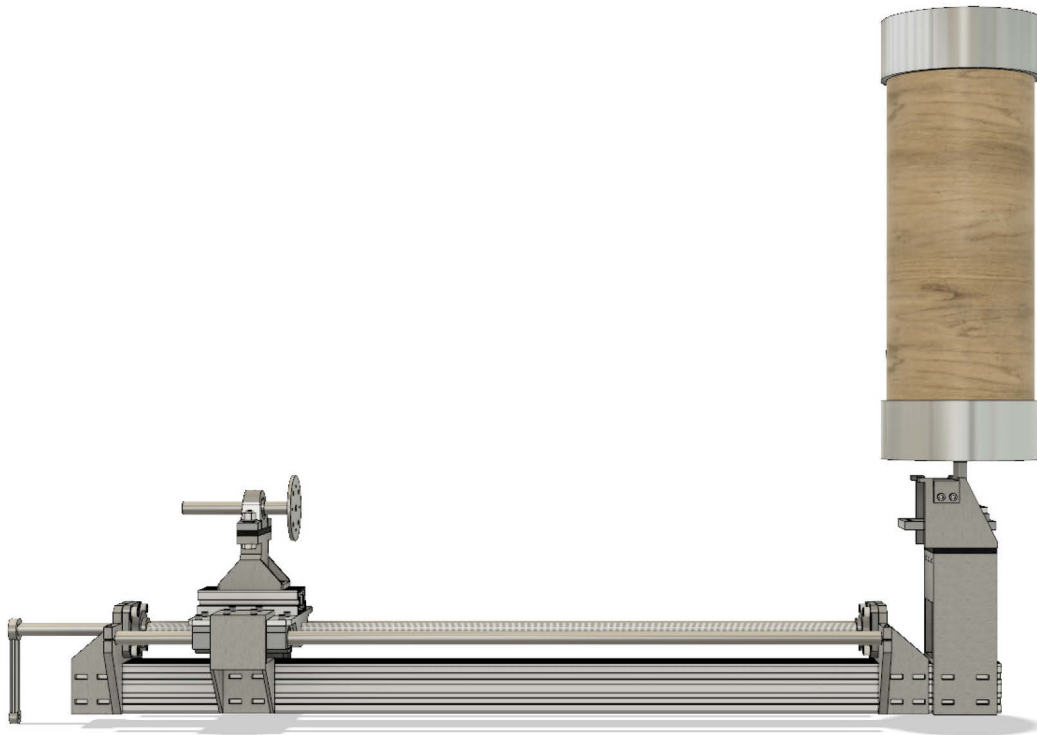


Abbildung 6.1: *Grundsystem der Schleudergussanlage in vertikaler Position zum Befüllen und Aufschmelzen von Paraffin*

Nach dem Aufschmelzen des Paraffins wird der Liner mit einer runden Platte, in die das Unterdruckventil geschraubt ist, mit vier M6 Schrauben dicht verschlossen. Danach wird der Liner wieder in die waagerechte Position gekippt. Der Schlitten wird über die Flanschswelle mit vier weiteren M6 Schrauben an die Flanschhalterung des Liners verschraubt, wie in der Abbildung 6.2 zu sehen ist. In dieser Position kann das Paraffin mit dem Liner geschleudert werden.

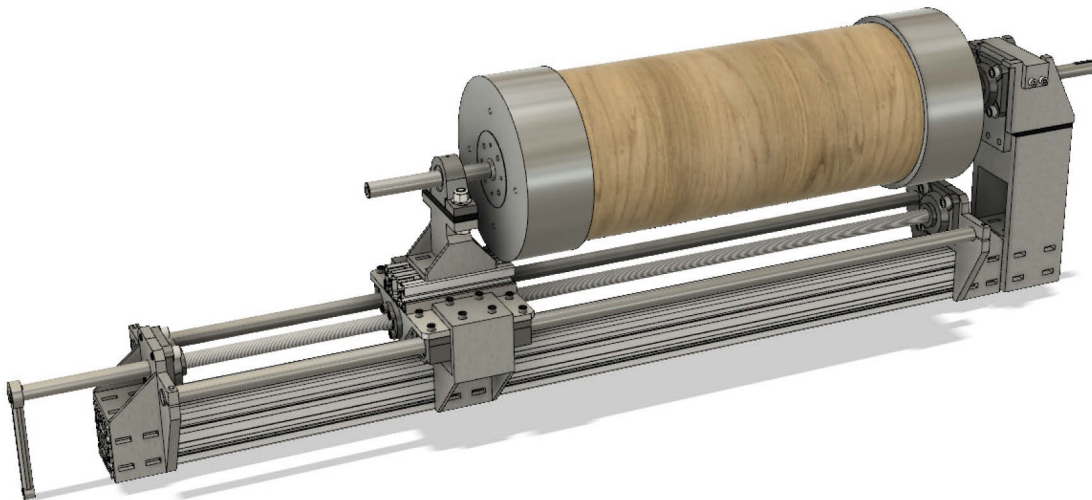


Abbildung 6.2: Schleudergussanlage in der schrägen Seitenansicht

6.3 Konstruktive Designentscheidung der wichtigsten Baugruppen

Die konstruktive Designentscheidung des vorletzten Konzeptes basierte auf den für die Last passenden Edelstahl-Stehlagern vom Typ SSUCP 205 mit einem Bohrungsdurchmesser von 25 mm und ergab sich aus der Vorauslegung des benötigten Flanschwellendurchmessers. Auf diesen Normteilen basiert der gesamte Aufbau der Schleudergussanlage. Die wichtigsten drei Baugruppen des vorletzten Konzeptes sind der Schlitten (vgl. Abbildung 6.3), das Schienensystem mit der Gewindestange (vgl. Abbildung 6.4) und der Turm mit dem Kippmechanismus (vgl. Abbildung 6.5).

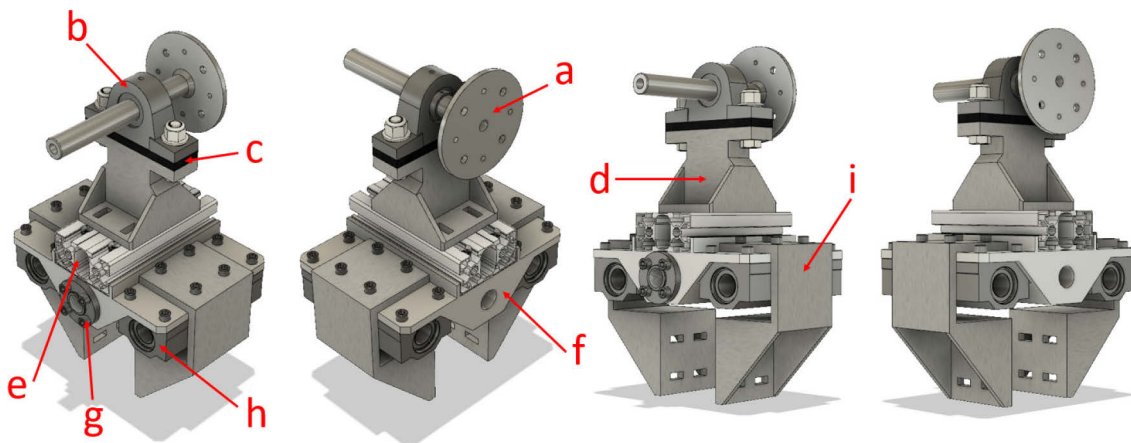


Abbildung 6.3: Die Baugruppe Schlitten auf Gleitlagern mit der Flanschwelle aus dem Konzept der Grundsysteme

In der Abbildung 6.3 ist die Baugruppe Schlitten aus vier Perspektiven zu sehen. Die wichtigsten Bezeichnungen der Bauteile sind mit Buchstaben von a. bis i. markiert:

- a. Flanschswelle
- b. Edelstahl-Stehlager Typ SSUCP 205
- c. Elastomer-Federplatte
- d. Edelstahlsäule
- e. Aluminiumprofil Typ 45x90SA
- f. Schlitten
- g. Flansch mit M25 Gewindebohrung
- h. vier Gleitlager Typ SMA25GUU
- i. zwei Edelstahlhalterungen

Der Schlitten bewegt sich auf den Schienen mit den vier Gleitlagern durch Drehen der Gewindestange entlang der Vertikalen (vgl. Abbildung 6.4). Auf diese Weise wird der Schlitten richtig positioniert und der Liner kann mit der Flanschswelle verschraubt werden. Um den entstehenden Vibrationen und Kräften entgegenzuwirken, ist eine Elastomer-Federplatte zwischen dem Edelstahl-Stehlager und der Edelstahlsäule verbaut. Die restlichen Kräfte werden so über die zwei Edelstahlhalterungen an das Aluminiumprofil weitergegeben, sodass möglichst wenige Kräfte auf das Schienensystem wirken.

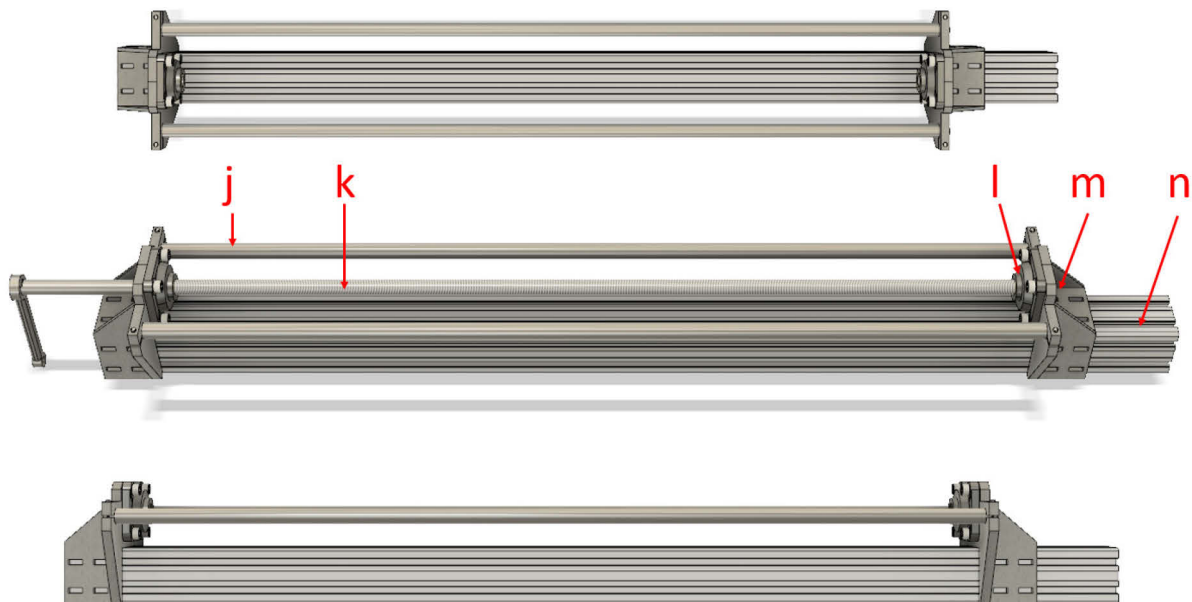


Abbildung 6.4: Schienensystem von oben nach unten mit Gewindestange, Draufsicht, Schrägsicht und Seitenansicht

Auf der Abbildung 6.4 ist das Schienensystem aus drei Perspektiven zu sehen. Die einzelnen Bauteile sind mit folgenden Buchstaben versehen:

- j. zwei Stangen
- k. Gewindestange
- l. zwei Kugel-Flanschlager aus Edelstahl Typ SSUCF 205
- m. zwei Schienenhalterungen
- n. das Aluminiumprofil vom Typ 90x90H

Das Schienensystem dient der Bewegung des Schlittens und dem Halten dessen Gewichtes. Es besteht aus zwei Schienenhalterungen, die auf einem Aluminiumprofil angebracht sind und sich gegenüberstehen. Zwischen ihnen sind zwei Stangen als Schienen fest verbaut. An beiden Halterungen ist jeweils ein Edelstahl-Flanschlager mit vier Schrauben montiert, in denen jeweils eine Gewindestange sitzt.

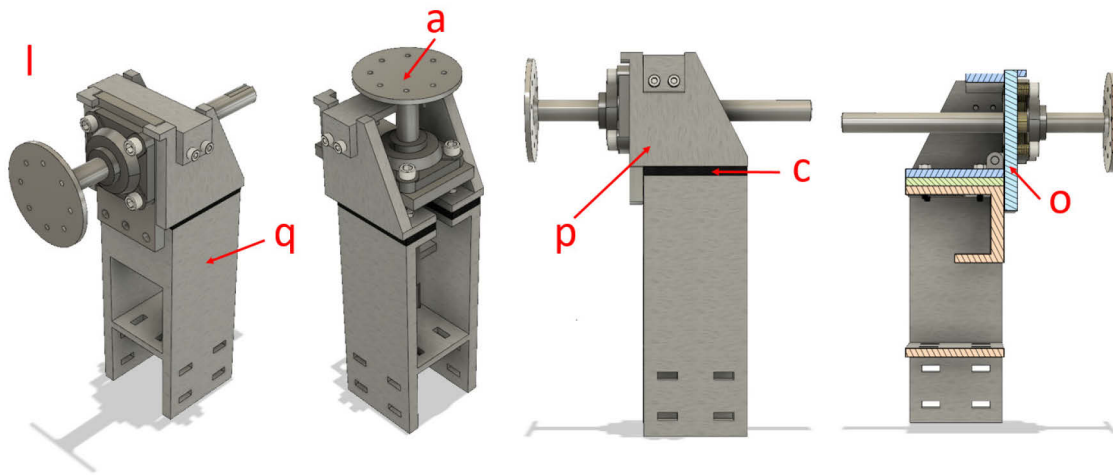


Abbildung 6.5: Der Turm mit dem Klappmechanismus

In der Abbildung 6.5 ist der Turm mit dem Klappmechanismus aus vier verschiedenen Perspektiven und in den zwei möglichen Klapppositionen zu sehen. Die einzelnen Bauteile sind mit roten Buchstaben gekennzeichnet:

- a. Flanschswelle
- c. Elastomer-Federplatte
- l. Kugel-Flanschlager aus Edelstahl Typ SSUCF 205
- o. Edelstahl mit Scharnier-Kippsystem
- p. Oberteil des Turms mit Scharnier-Kippsystem
- q. Unterteil des Turms

Der Turm wird fest mit dem Turmunterteil an das Aluminiumprofil geschraubt. Zwischen dem Ober- und Unterteil des Turms befindet sich eine Elastomer-Federplatte, die zur Vibrationsminimierung dient. Der obere Teil des Turms ist mit einem Scharnier-

Klappmechanismus mit einer Edelstahlplatte, auf der das Flanschlager sitzt, verbunden. In dem Flanschlager befindet sich die Flanschswelle. Die waagerechte Position des Turms ist für das Schleudern und die senkrechte Position zum Befüllen und Aufschmelzen des Paraffins.

6.3.1 Evaluation

Bei der Evaluation des vorletzten Konzeptes wurde sich für mehrere Neuerungen entschieden. Ein neues, simpleres Kippsystem wurde beschlossen, da der vorhandene Kippmechanismus anfällig für Schäden war und aus zu vielen kompliziert anzufertigenden Teilen bestand. Die Anpassung aller Teile und die damit einhergehenden Neuerungen machten die Gewindestange redundant. Auch wurde die Anlage bei dem Konzept überdimensioniert, was den Vorteil eines erhöhten Sicherheitsfaktors bietet. Deswegen wurde sie, aufgrund der Verwendung des neuen größeren Edelstahl-Flanschlagers mit einem Bohrdurchmesser von 50 mm, komplett angepasst und neu konstruiert. Die Teile sollten möglichst simpel herstellbar sein und es sollten möglichst viele Normteile verwendet werden.

6.4 Optimiertes Endkonzept der neuen Schleudergussanlage

Die neue Schleudergussanlage besteht aus elf Hauptbaugruppen, davon sind neun auskonstruiert. Die neun auskonstruierten Hauptbaugruppen sind das Kippsystem, das Schienensystem, die bewegliche Heizmattenhalterung, die feste Heizmattenhalterung, der gleitende Turm, der feste Turm, der Liner, die Flanschswelle mit Unterdruckventil und die Antriebsflanschswelle. Die beiden nicht auskonstruierten Baugruppen sind das Antriebssystem und Teile des Heizsystems. In der Abbildung 6.6 ist die neue Schleudergussanlage in zwei Positionen zu sehen, einmal in der waagerechten Schleuderposition und einmal in der senkrechten Befüllungsposition. Die Baugruppe Kippsystem bringt die Schleudergussanlage in die jeweils benötigte Position.

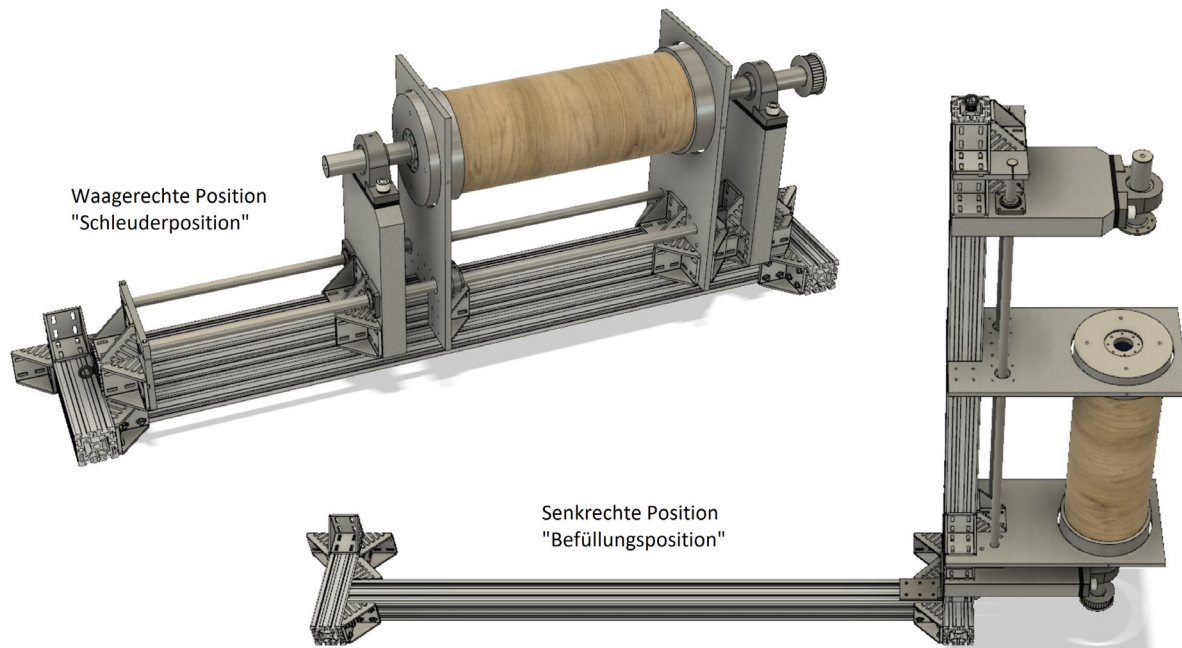


Abbildung 6.6: Die neue Schleudergussanlage, dargestellt in beiden möglichen Positionen

Auf dem Kippsystem steht das Schienensystem, welches für das sichere und einfache Bewegen der Baugruppen, der beweglichen Heizmattenhalterung und des Gleitturms zuständig ist. Die Baugruppe feste Heizmattenhalterung wird fest an das Aluminiumprofil und an die Schienenhalterung montiert. Zusammen mit der beweglichen Heizmattenhalterung gibt sie dem Heizsystem einen festen Halt. Die Baugruppe Flanschswelle mit Unterdruckventil sitzt im Edelstahl-Stehlager des gleitenden Turms. Die Aufgabe des Unterdruckventils ist es, beim Schleudern den Unterdruck auszugleichen und den Liner dicht zu verschließen. Hinter dem Schienensystem ist der feste Turm verschraubt, in dessen Edelstahl-Stehlager die Antriebsflanschswelle sitzt. An die Flanschseite der Flanschswelle wird die Flanschaufnahme des Liners geschraubt. Ist die Schleudergussanlage in der senkrechten Position, wird der Liner mit Paraffin befüllt. Nach dem Befüllen und Aufschmelzen des Paraffins wird der Liner mit der Flanschswelle dicht verschlossen. In waagerechter Position kann anschließend der Zahnriemen auf die Zahnriemenräder des Antriebssystems und die Antriebsflanschswelle gespannt werden. In dieser Ausgangslage ist die neue Schleudergussanlage bereit zum Schleudern.

6.5 Gegenüberstellung und Vorstellung der Baugruppen

In diesem Abschnitt werden die Baugruppen und Bauteile aus dem vorläufigen Grundkonzept mit den Baugruppen aus dem optimierten Endkonzept verglichen. Die Änderungen werden Anschließend erläutert.

6.5.1 Der Liner

In der Abbildung 6.7 sind zwei Liner in der Schnittansicht zu sehen, links der Liner aus dem ursprünglichen Konzept und rechts der Liner aus dem Endkonzept. Die Anzahl der Komponenten, aus denen die Liner bestehen, hat sich nicht verändert.

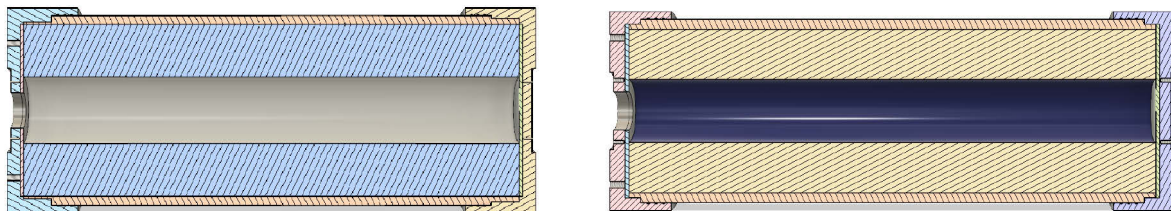


Abbildung 6.7: Links der alte Liner, rechts der neue Liner

Jedoch haben sich die Maße der einzelnen Bauteile geändert: Die Paraffinmenge ist geringer geworden, da die Raketenleistung gedrosselt wurde. Dementsprechend sind der Durchmesser und die Länge der Kokille kleiner geworden. Daran wurden die Flanschaufnahmen und die Abdrückplatten angepasst. Die Flanschaufnahmen wurden modifiziert, sie wurden auf beiden Seiten identisch gestaltet und deren Länge verkürzt.

6.5.2 Das Kippsystem

Das Kippsystem wurde komplett überarbeitet, der Turm in Abbildung 6.8 wurde gegen das Kippsystem, welches in Abbildung 6.9 zu sehen ist, ersetzt. In der Abbildung 6.8 ist der Turm in einer Schnittansicht mit dem Kippsystem des vorherigen Konzepts zu sehen. Links in der Abbildung ist die waagerechte Position und rechts die senkrechte Position dargestellt. Das Kippsystem wurde ersetzt, da das System zu komplex wurde und die Fertigung der unterschiedlichen Bauteile zu aufwendig war.

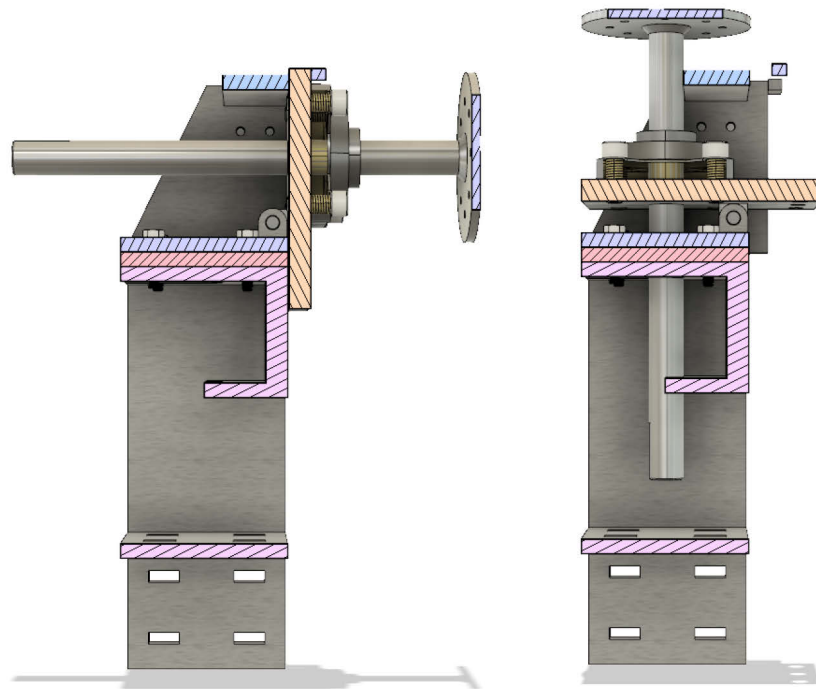


Abbildung 6.8: Der Turm mit dem vorherigen Kippmechanismus

Deswegen wurde entschieden ein neues System auszuarbeiten. Das Ergebnis der Ausarbeitung ist das Kippsystem auf der Abbildung 6.10. Es besteht aus vier Aluminiumprofilen vom Typ 90x90H, 10 Winkeln vom Typ 90x90, einem Lastenscharnier der Marke HISCHA (Artikelnummer 3.00.760) und einer M12 Ringschraube (vgl. Abbildung 6.9).

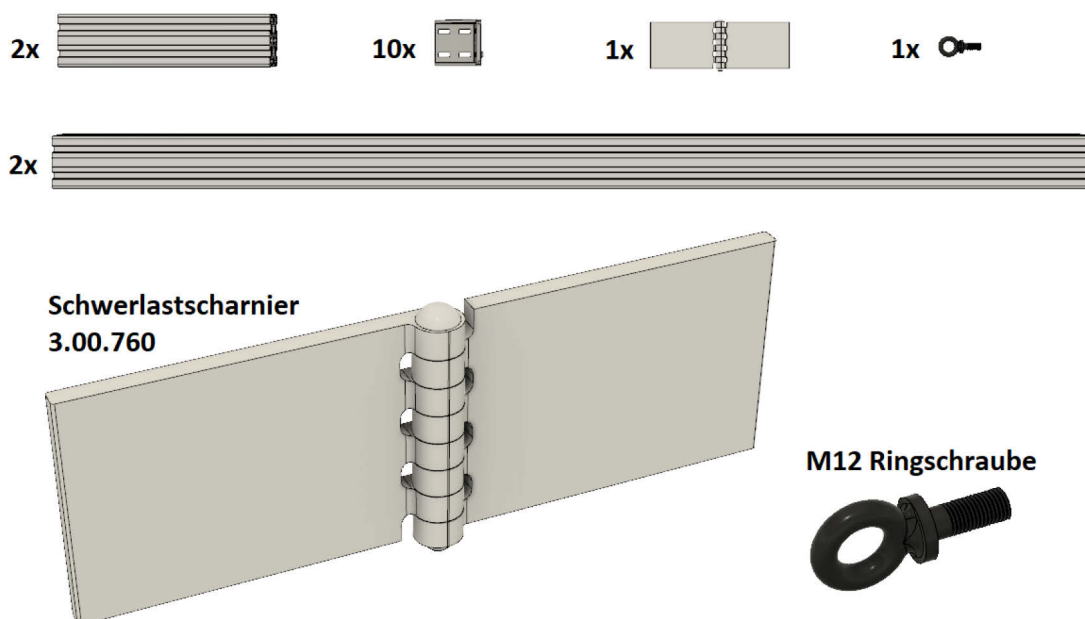


Abbildung 6.9: Komponenten des neuen Kippmechanismus

Die zwei kleineren Aluminiumprofile mit einer Länge von 360 mm werden jeweils mit zwei Winkeln an die Enden des Aluminiumprofils mit der Länge 1750,5 mm geschraubt. Die anderen Enden der kürzeren Aluminiumprofile werden jeweils mit drei Winkeln an die Wand geschraubt. An das eine Ende des langen Aluminiumprofils wird die eine Seite des Lastenscharniers verschraubt. Danach wird an die andere Seite des Lastenscharniers ein weiteres Aluminiumprofil mit einer Länge von 1750,5 mm verschraubt. Auf die gegenüberliegende Seite des oberen Aluminiumprofils wird in die Mitte des Profils eine M12 Ringschraube montiert. Dort wird ein Karabinerhaken eingehängt, der mit einem Flaschenzug mit Winde befestigt ist. Um das Aluminiumprofil aufzurichten, wird die Winde aufgewickelt. Um es wieder in die waagerechte Position zu bringen, wird die Winde langsam abgewickelt.

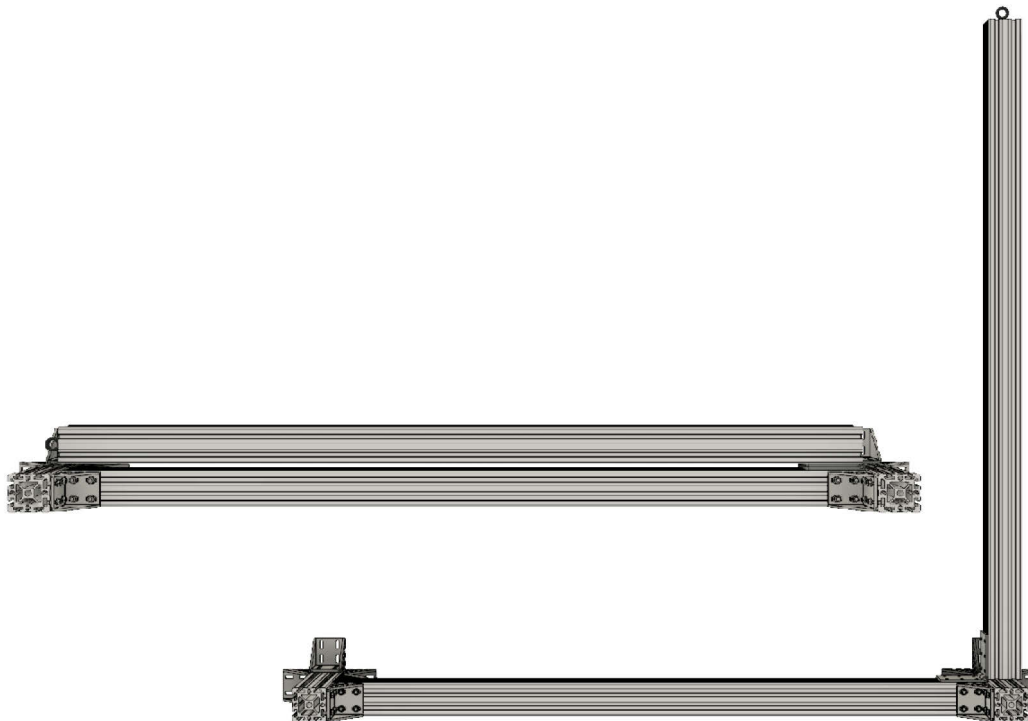


Abbildung 6.10: *Der neu konstruierte Kippmechanismus*

6.5.3 Das Schienensystem

Ein modifiziertes Schienensystem wurde in das Endkonzept übernommen. In der Abbildung 6.11 ist das Schienensystem des Grundkonzeptes dargestellt. Es besteht aus zwei Schienenhalterungen mit Flanschlagern, zwei Stangen und einer Gewindestange mit Kurbel.



Abbildung 6.11: *Schienensystem des Grundkonzeptes*

Die Schienenhalterungen des vorherigen Schienensystems sind keine Normteile und müssten kostenintensiv hergestellt werden, weswegen diese neu auskonstruiert wurden. Die Gewindestange mit der Kurbel wird nicht mehr für die sichere Führung der Baugruppen mit Gleitlagern benötigt. In der Abbildung 6.12 ist das neue Schienensystem zu sehen, es besteht aus zwei Schienenhalterungen und zwei Führungsstangen. Die Schienenhalterungen bestehen aus Edelstahlplatten mit einer Stärke von 15 mm, an denen jeweils drei Winkel der Größe 90x90 geschraubt werden. Die Führungsstangen werden in die passenden Bohrungen gesteckt und mit M5x65 Schrauben fest verklemmt. Die Schienenhalterung, die auf der Seite der festen Heizmattenhalterung angebracht wird, hat vier Bohrungen mit einem Radius von jeweils 5,5 mm. Durch diese wird die Schienenhalterung mit der festen Heizmattenhalterung miteinander verschraubt.

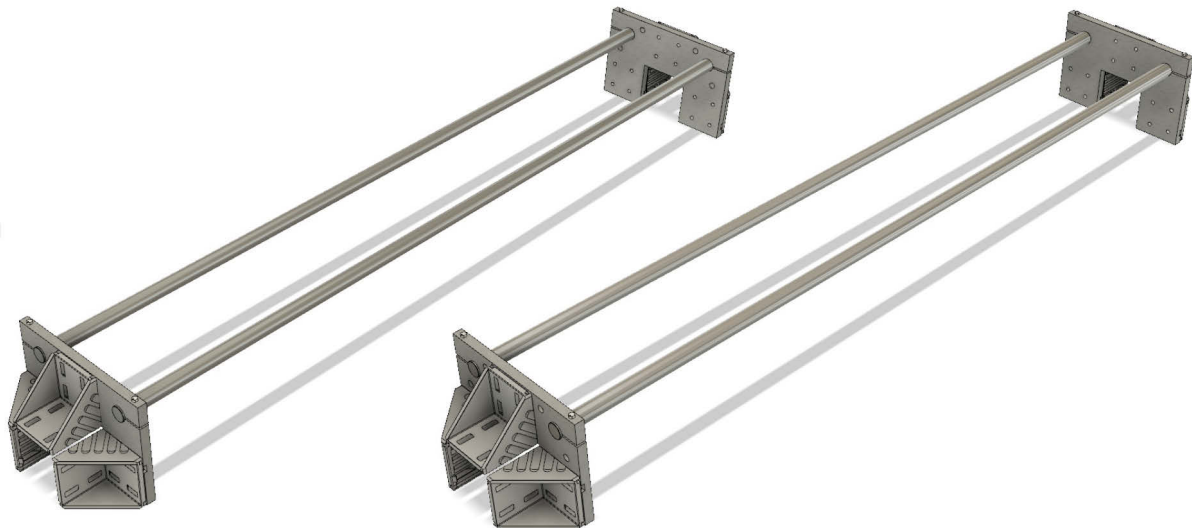


Abbildung 6.12: Neues Schienensystem

6.5.4 Der Schlitten

Die Abbildung 6.13 zeigt den Schlitten aus dem vorherigen Konzept in vier verschiedenen Positionen. In dieser Form wird der Schlitten im Endkonzept nicht mehr vorhanden sein, da der Schlitten aus vielen komplexen Teilen besteht, von denen mehrere Bauteile kostenintensiv als Sonderanfertigung hergestellt werden müssten. Für die Kraftverteilung werden die Gleitbauteile direkt mit dem Aluminiumprofil verschraubt. Die Schienen dienen nur zur Führung dieser.

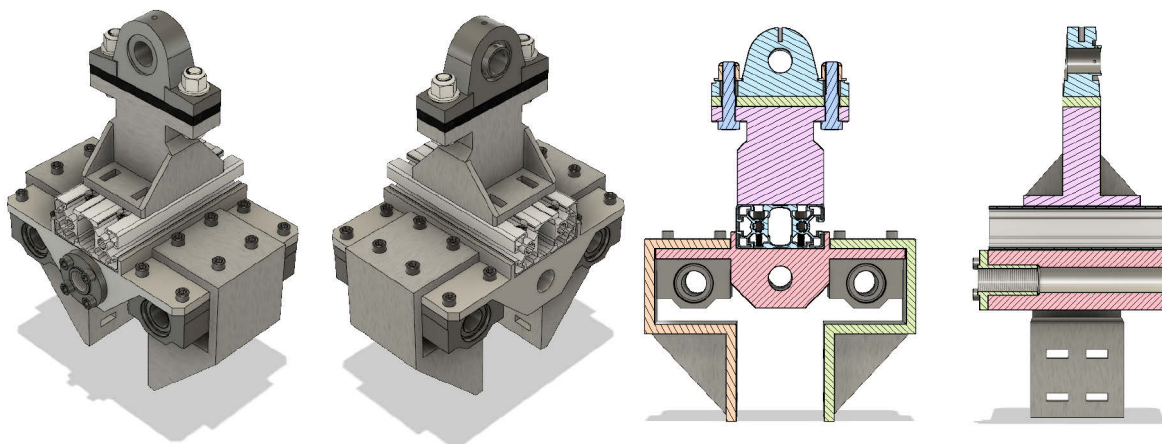


Abbildung 6.13: Schlitten aus dem Grundkonzept

In der Abbildung 6.14 ist der aktuelle Ersatz für den Schlitten aus dem vorherigen Konzept zu sehen. Der Gleitturm besteht aus dem Edelstahl-Kugel-Stehlager vom Typ SSUCP 210 mit einem Bohrungsdurchmesser von 50 mm, einer Elastomer-Federplatte, einer Edelstahlplatte

mit einer Dicke von 58 mm, aus zwei Flansch-Linearlagern vom Typ KG-3-F ISO-Serie 3 mit einem Bohrungsdurchmesser von 25 mm und drei Winkeln vom Typ 90x90.

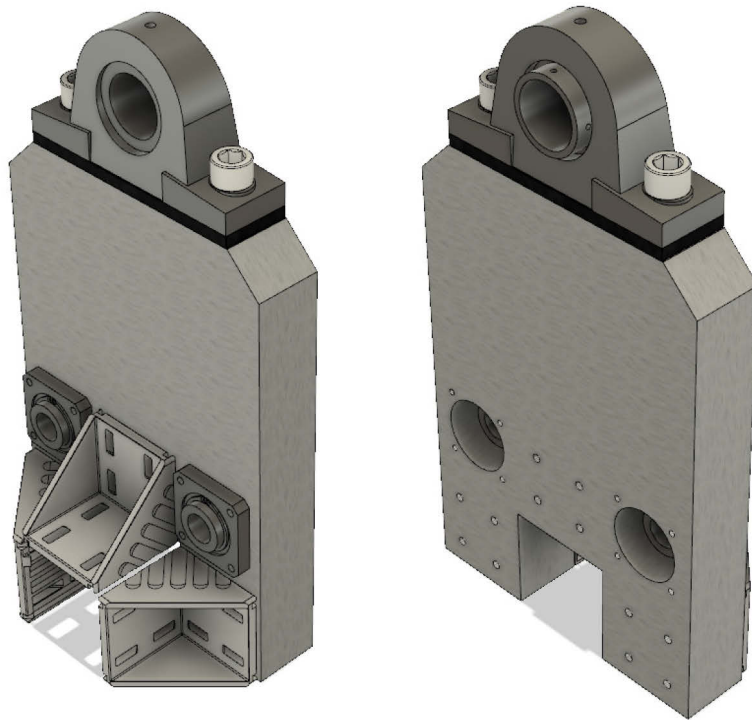


Abbildung 6.14: *Gleiturm aus dem neuen Konzept*

Das Edelstahl-Kugel-Stehlager und die Elastomer-Federplatte werden mit zwei M20x100 Schrauben an die Oberseite der Edelstahlplatte geschraubt. In die zwei Bohrungen mit dem Durchmesser von 60 mm werden die beiden Flansch-Linearlagern mit jeweils vier M6x30 Schrauben verschraubt. Die drei Winkel werden jeweils mit vier M8x30 Schrauben verschraubt. Da die acht M6 und die zwölf M8 Bohrungen durch die gesamte Edelstahlplatte gehen, kann man diese für eine erhöhte Sicherheit um zwei weitere Flansch-Linearlager und drei weitere Winkel erweitern. Der Vorteil der neuen Bauweise ist, dass die wirkenden Kräfte geradlinig durch die Platte in das Aluminiumprofil geleitet werden.

6.5.5 Die Flanschwellen

Bei der Evaluation wurde beschlossen, die beiden Flanschwellen mit einem größeren Sicherheitsfaktor zu dimensionieren. Dies dient der Sicherheit der bedienenden Personen und der Langlebigkeit der neuen Schleudergussanlage. Die Abbildung 6.15 zeigt die Flanschwelle des vorherigen Konzeptes aus zwei Perspektiven. Außerdem würde die Fertigung der beiden Flanschwellen aus dem vorherigen Konzept kostenintensiv werden, da sehr viel Material vom

Rohling abgetragen werden müsste. Hinzu kommt, dass die Welle am Flanschanfang ein hohes Bruchpotenzial aufweist.

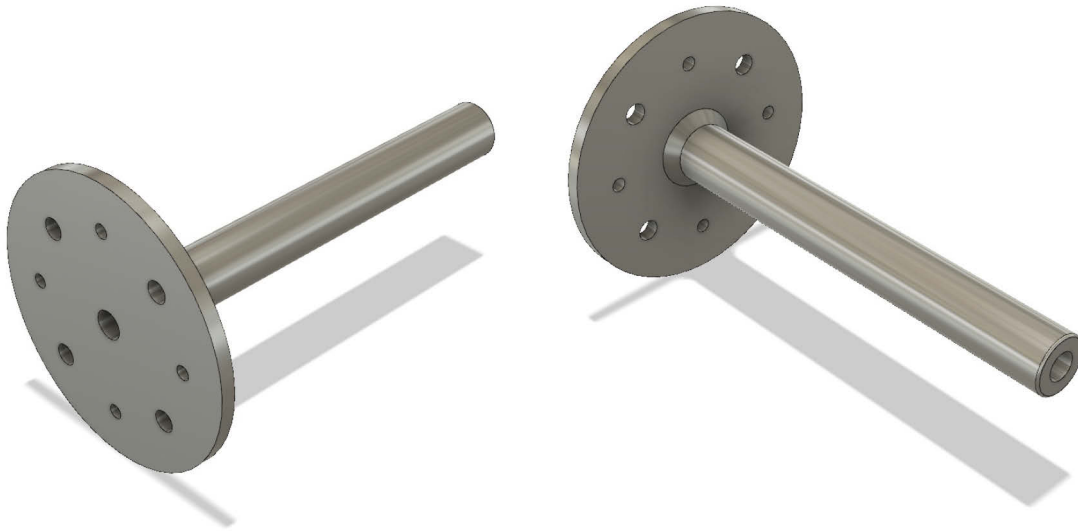


Abbildung 6.15: *Vorherige Flanschwelle*

Deswegen wurde bei der Neukonstruktion der Flanschwelle nicht nur der Durchmesser erhöht, sondern auch der Durchmesser des Flansches verkleinert. Ein weiterer Vorteil der Überdimensionierung ist, dass man das Unterdruckventil gut in die Flanschwelle integrieren kann (vgl. Abbildung 6.16). Auf der Abbildung 6.16 ist die neue Flanschwelle mit Unterdruckventil aus drei verschiedenen Perspektiven und einer Schnittansicht gezeigt. Diese Baugruppe besteht aus der Flanschwelle, dem Unterdruckventil, einem Tellerfederdichtungsring und einer flachen M14 Mutter.

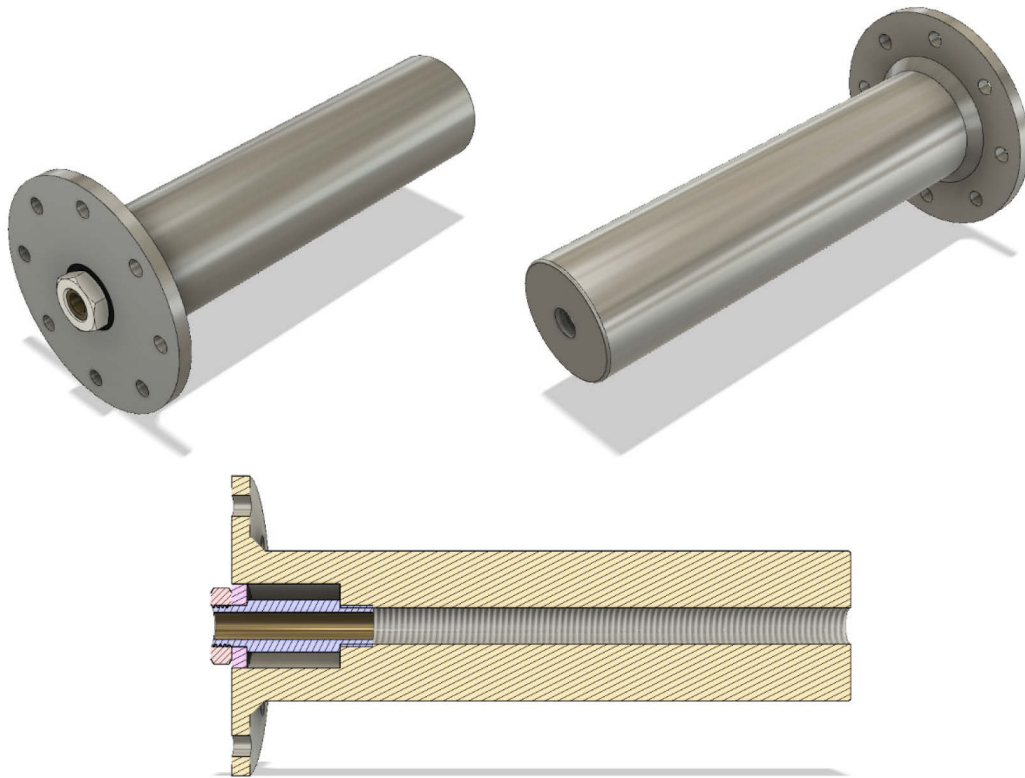


Abbildung 6.16: Aktuelle Flanschswelle mit dem Unterdruckventil

Das Unterdruckventil wird in die Flanschswelle geschraubt, der Tellerfederdichtungsring mit einem Außendurchmesser von 28 mm wird auf das Unterdruckventil gesteckt und mit der M14 Mutter dicht verschraubt.

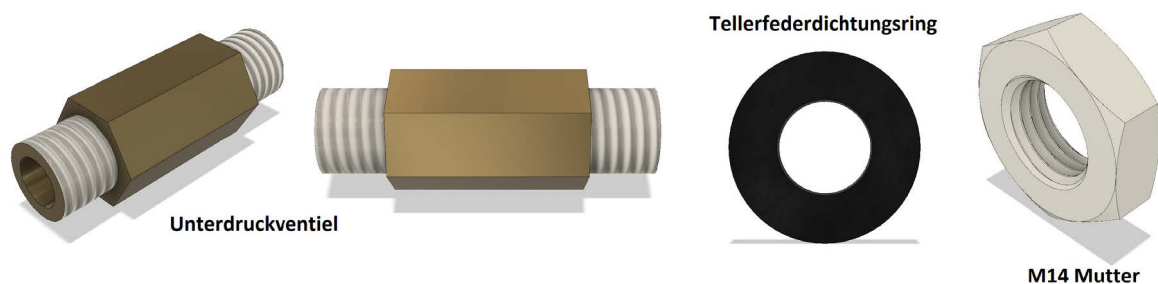


Abbildung 6.17: Unterdruckventil, Tellerfederdichtungsring und die M14 Mutter

Auf der Abbildung 6.17 ist das Unterdruckventil aus zwei Positionen, ein Tellerfederdichtungsring und eine M14 Mutter zu sehen. Das Unterdruckventil hat eine Gesamtlänge von 53 mm, die acht Kantflächen haben eine Länge von 31 mm. Vorne und hinten am Unterdruckventil befinden sich zwei M14 Gewindestutzen, jeweils mit einer Länge von 11 mm. Der Tellerfederdichtungsring hat eine Stärke von 5 mm und einen Innendurchmesser von 14 mm. Die Abbildung 6.18 zeigt die Antriebsflanschswelle des vorherigen Konzepts aus zwei Positionen. Diese weist eine zu große Flanschfläche auf. Auf

der anderen Seite eine Aussparung für die Passfeder, um dort ein Zahnriemenrad vom Verrutschen zu sichern.

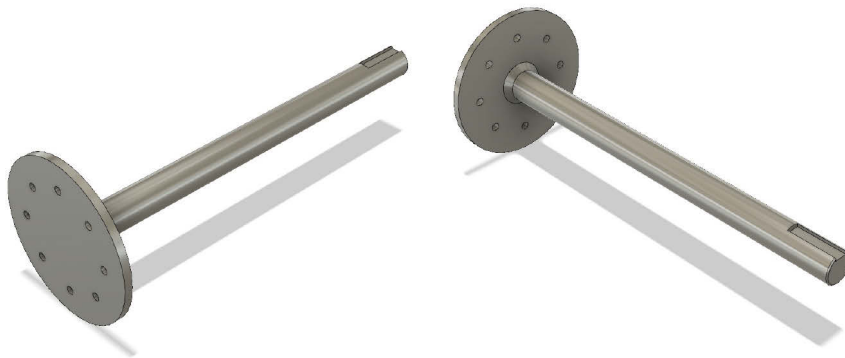


Abbildung 6.18: *Vorherige Antriebsflanschswelle*

Auch die neue Antriebsflanschswelle hat einen verkleinerten Durchmesser auf der Flanschseite. Die Abbildung 6.19 zeigt die neue Antriebsflanschswelle mit Zahnriemenrad vom Typ HTD-8M-Taper und einer Taper-Spannbuchse aus drei verschiedenen Perspektiven. Um einer Verschiebung des Zahnriemenrades entgegenzuwirken, ist am Ende der Flanschswelle ein Absatz. Die Bauteile werden mit einer Passfeder und einer kopflosen Schraube fixiert.

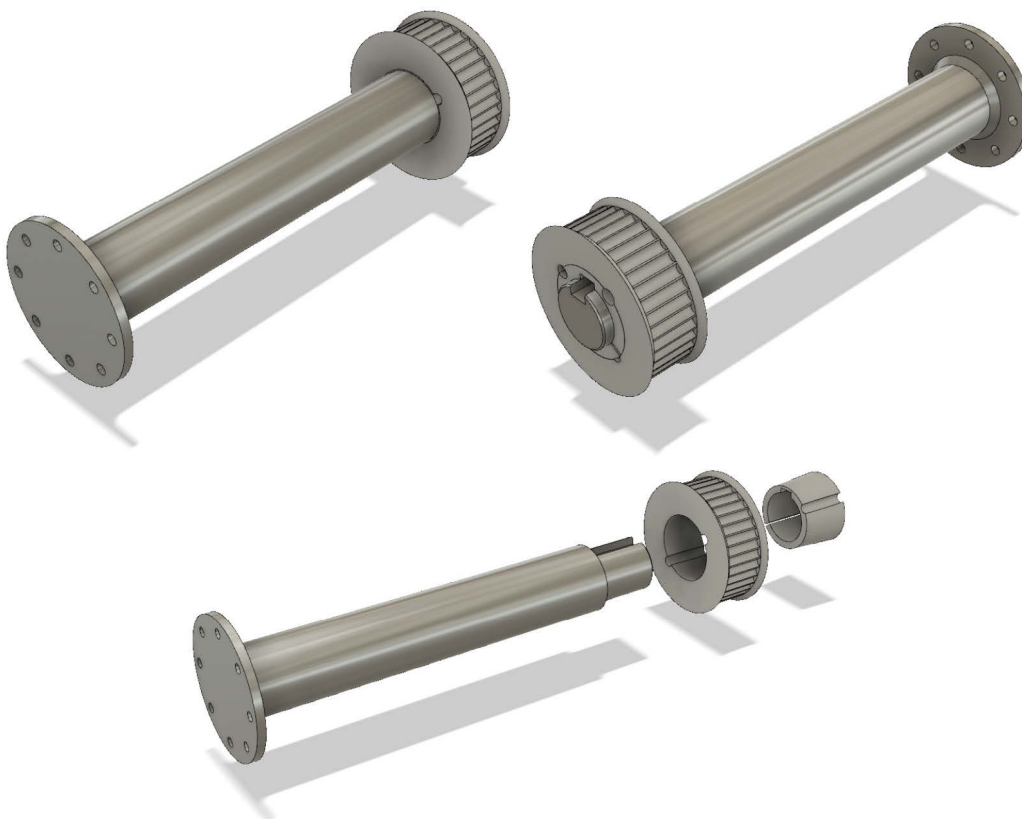


Abbildung 6.19: *Aktuelle Antriebsflanschswelle mit dem Zahnriemenrad und Taper-Spannbuchse*

6.5.6 Halterungen des Heizsystems

Das Heizsystem war schon im vorläufigen Grundkonzept vorgesehen, doch konstruktiv ausgestaltet wurde es erst im Endkonzept. In der Abbildung 6.20 sind die gleitende und die feste Heizmattenhalterung aus dem Heizsystem jeweils in zwei Positionen dargestellt. Die gleitende Heizmattenhalterung muss beweglich sein, damit diese bei der Montage und Demontage des Liners nicht im Weg steht. Die feste Heizmattenhalterung wird fest mit vier M10 Schrauben und Muttern an der Schienenhalterung und mit zwölf M8 Schrauben mit dem Aluminiumprofil verschraubt. Die beiden Heizmattenhalterungen bestehen jeweils aus einer Edelstahlplatte und drei Winkeln. Die feste Halterung besitzt vier zusätzliche Bohrungen für die Verschraubung mit der Schienenhalterungsplatte, die gleitende Halterung besitzt zwei Gleitlager für deren Positionierung.

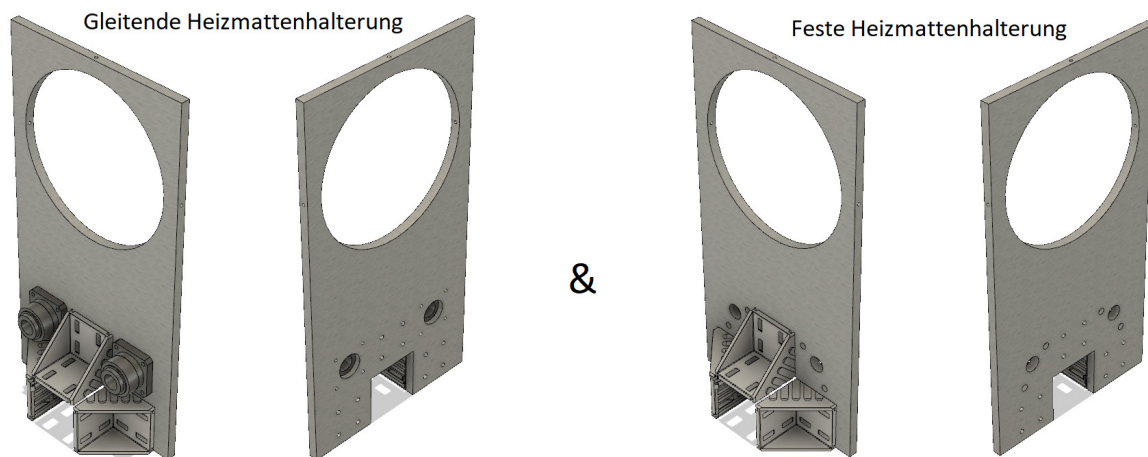


Abbildung 6.20: *Gleitende und feste Heizmattenhalterung, jeweils in zwei Positionen*

7 Zusammenfassung und Ausblick

In der hier vorliegenden Arbeit wurde eine neue Schleudergussanlage zur Herstellung von Paraffintreibsätzen für die Hybridrakete ZEpHyR 2 ausgelegt und auskonstruiert. Da es von der vorhandenen Anlage keine Aufzeichnungen gibt und über andere bestehende Schleudergussanlagen wenig bis keine Informationen veröffentlicht worden sind, gestaltete sich die Suche nach den benötigten Informationen schwierig.

Deswegen war der erste Schritt die genaue Begutachtung und Analyse der vorhandenen Schleudergussanlage der ZEpHyR 1. Der zweite Schritt war die Literaturrecherche zum Schleuderguss und Paraffin. Mit den Erkenntnissen begann die Recherche nach Materialien, Auslegungs- und Designmöglichkeiten für die wichtigsten Bauteile und später der gesamten Anlage.

Bei der Auslegung ist ein benötigter Wellendurchmesser von 25 mm herausgekommen. Durch eine Erhöhung des Sicherheitsfaktors und um die Belastung der Wellen möglichst gering zu halten, wurde der Wellendurchmesser auf 50 mm erhöht. Die Berechnungen zeigen, dass der unlegierte Stahl 1.0050 für die Flanschwellen, Flanschaufnahmen und Schienenstangen ausreichend ist. Jedoch sollte trotzdem der legierte Edelstahl 1.7131 wegen der sehr guten Festigkeitswerte für die Bauteile verwendet werden. Beim Designen der Schleudergussanlage wurden mehrere Konzepte ausgearbeitet und die beiden letzten in Kapitel 6 erläutert sowie verglichen. Eine große Schwierigkeit stellte das Kippsystem dar, da die ausgearbeiteten Systeme aus komplizierten, bruchanfälligen und vielen komplex zu fertigenden Einzelteilen bestanden. Doch dafür wurde eine geeignete simple und effiziente Lösung im Endkonzept gefunden.

Mit der neuen Schleudergussanlage wird die Herstellung von Paraffintreibsätzen einfacher, sicherer und schneller, da bei der Gestaltung der Anlage darauf geachtet wurde, dass alle Bauteile und Schrauben gut zu erreichen sind. Viele Schrauben wurden größer dimensioniert als nötig wäre, damit eine einfachere Montage und Demontage der Bauteile möglich ist und Gewindeschäden vermieden werden. Bei der Wahl der verwendeten Materialien wurde darauf geachtet, dass keine Kontaktkorrosion entsteht. Durch die Entkopplung der Antriebswelle vom Motor ist nun eine Übersetzung vorhanden, der Motor wird nicht mehr so stark belastet und die Lärmemission sollte deutlich geringer ausfallen. Die neuen Stehlager für die beiden

Wellen werden nicht mehr so stark verschleifen, da die verwendeten Stehlager auch für die entstehende Belastung ausgelegt sind. Ein weiteres Problem der ursprünglichen Schleudergussanlage ist, dass der Aufschmelzprozess des Paraffins aufgrund von hohen Wärmeverlusten sehr zeitintensiv ist. Durch Verkleinern der Wandstärke des Rohres, um das die Heizmatte gewickelt ist, wurde dieses Problem beseitigt, sodass ein Aufschmelzen zukünftig deutlich schneller erfolgen sollte. Durch den größeren Wellendurchmesser ist nun eine bessere Integration des Unterdruckventils in der Flanschswelle möglich, dadurch bleibt mehr Raum für die Paraffinmischung. Das neue Kippsystem in Kombination von Flaschenzug und Winde gewährleistet ein sicheres und einfaches Aufrichten sowie Absenken der Schleudergussanlage. Mit dem Schienensystem und den Gleitlagern an den beweglichen Baugruppen ist ein einfaches und sicheres Bewegen der Baugruppen auf den Schienen möglich. Die Anlage wird Paraffintreibsätze bis zu einer Länge von einem Meter herstellen können.

Da im Rahmen dieser Arbeit alle notwendigen Komponenten ausgewählt bzw. konstruiert wurden, können im nächsten Schritt alle Materialien und Bauteile bestellt werden. Zuvor sollte jedoch noch einmal eine Recherche zu den Elastomer-Federplatten gemacht werden, da es bis heute keine Rückmeldung von dem Unternehmen „EFFBE GmbH“ gab. Sollte sich herausstellen, dass die Platten ungeeignet für die Schleudergussanlage sind, sollte entweder nach einer Alternative gesucht werden oder die Platten werden komplett weggelassen und stattdessen werden die beiden Edelstahl-Platten des festen und gleitenden Turms um 10 mm erhöht.

Vor dem Zusammenbauen der Schleudergussanlage sollte eine Montageanleitung angefertigt werden mit der genauen Vorgehensweise, um keine Bauteile oder Baugruppen zu vergessen. Eine besondere Aufmerksamkeit muss auf die Baugruppen, die im Schienensystem agieren, gelegt werden. Nach der Montage sollten die ersten Testtreibsätze gegossen werden, um die Funktionsfähigkeit der Anlage zu verifizieren.

Quellenverzeichnis

- [1] esa European Space Agency: Raketen. Die erste Raketen. Die erste Raketen, [online]
https://www.esa.int/esaKIDSde/SEM9JTXDE2E_Technology_0.html, abgerufen am:
26.06.2018.
- [2] Wiki-Projekt: Rakete. Geschichte, [online] <http://systemdesign.ch/wiki/Rakete>,
abgerufen am: 26.06.2018.
- [3] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Conrad Haas. Leben, [online]
https://de.wikipedia.org/wiki/Conrad_Haas, abgerufen am: 26.06.2018.
- [4] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Johannes Schmidlap, [online]
https://de.wikipedia.org/wiki/Johannes_Schmidlap, abgerufen am: 26.06.2018.
- [5] Messerschmid, E. u. Fasoulas, S.: *Raumfahrtssysteme*. Eine Einführung mit Übungen und
Lösungen. 5. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2017.
- [6] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Ракетный двигатель 09, [online]
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_09, abgerufen am: 28.06.2018.
- [7] Александр Николаев: ТАК НАЧИНАЛИСЬ ЖРД И РАКЕТЫ НА ЖИДКОМ
ТОПЛИВЕ. 2004, [online] <http://engine.aviaport.ru/issues/33/page32.html>, abgerufen
am: 28.06.2018.
- [8] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: GRID-09. sowjetische Hybridrakete, [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/GIRD-09>, abgerufen am: 29.06.2018.
- [9] George Shuklin: Ракетный двигатель 09. 2008, [online]
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3440752>, abgerufen am: 29.06.2018.
- [10] George Shuklin: Пакета 09 и 10. 2008, [online]
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3444933>, abgerufen am: 29.06.2018.
- [11] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Wernher von Braun. Wernher Magnus Maximilian
Freiherr von Braun, [online] https://de.wikipedia.org/wiki/Wernher_von_Braun,
abgerufen am: 27.06.2018.
- [12] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Aggregat 1 (A1), [online]
https://de.wikipedia.org/wiki/Aggregat_1, abgerufen am: 27.06.2018.
- [13] Neufeld, M. J. u. Wagner, J.: *Die Rakete und das Reich*. Wernher von Braun,
Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters. 2. Aufl. Berlin: Henschel, 1999.

- [14] Brown, C. D.: *Elements of spacecraft design*. AIAA education series. Reston, Va.: American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, 2002.
- [15] Neue Zürcher Zeitung: Der geheimnisvolle <<Mister X>>. In Stalins Gulag. Zürich 2007, [online] https://www.nzz.ch/der_geheimnisvolle_mister_x-1.561548, abgerufen am: 04.07.2018.
- [16] Turner, M. J. L.: *Rocket and Spacecraft Propulsion*. Principles, Practice and New Developments. Springer Praxis Books. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [17] 1:1 SOVIET FIRST SPUTNIK EXACT REPLICA MADE BY OKB-1 IN 1950-s. First Sputnik model, [online] https://www.maxuta.com/maxuta/collections/032_pn_space_collectibles/032044_first_sputnik_model.htm, abgerufen am: 04.07.2018.
- [18] Chiaverini, M. J. (Hrsg.): Fundamentals of hybrid rocket combustion and propulsion. Progress in astronautics and aeronautics, Bd. 218. Reston, Va.: American Inst. of Aeronautics and Astronautics, 2007.
- [19] Humble, R. W. (Hrsg.): Space propulsion analysis and design. Space technology series. New York: McGraw-Hill, 1995.
- [20] Sutton, G. P. u. Biblarz, O.: *Rocket propulsion elements*. 8. Aufl. Hoboken, N.J.: Wiley, 2010.
- [21] Sippel, Martin und Wolfgang Koschel: Raumfahrtantriebe. 1. Vorlesungsskript, Bremen: DLR - Universität Bremen, 2013.
- [22] Alewelt, W., Bottenbruch, L. u. Becker, G. W.: *Polyamide*. Kunststoff-Handbuch Technische Thermoplaste, / hrsg. von Ludwig Bottenbruch ... ; 4. München: Hanser, 1998.
- [23] Fritz, A. H. (Hrsg.): Fertigungstechnik. Springer-Lehrbuch. Berlin: Springer Vieweg, 2018.
- [24] Alfred Herbert Fritz, Günter Schulze: *Fertigungstechnik*. VDI-Buch. 8. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [25] WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Paraffin, [online] <https://de.wikipedia.org/wiki/Paraffin>, abgerufen am: 19.06.2018.
- [26] AiMT Advances in Military Technology Vol. 4, No. 2, December 2009. , 2009.
- [27] Claussen, U. u. Rodenacker, W. G.: *Maschinensystematik und Konstruktionsmethodik*. Grundlagen und Entwicklung moderner Methoden. Berlin: Springer, 1998.

- [28] Prof. Dr.-Ing. K.-D. Thoben und T. Tietjen Dipl. -Ing.: Einführung in die Konstruktionsmethodik. Geschichtliche Entwicklung Grundlagen, Anforderungsliste, Bremen: BIK - Universität Bremen, 2018.
- [29] Peter Rickmers, T. G.: STERN Abschlussbericht. ZEpHyR - ZARM Experimental Hybrid Rocket, ZARM Bremen, 2017.
- [30] C. Boros and P. Konečný: Development of Wax Fuel Grain for Hybrid Rocket Motor. In: *AiMT Advances in Military Technology Vol. 4, No. 2, December 2009*. 2009
- [31] MÄDLER GmbH: Bauteile Handel/Onlinehandel, [online] <http://www.maedler.de/>, abgerufen am: 02.07.2018.
- [32] Schweizer-FN: Formelsammlung und Berechnungsprogramme Anlagenbau, [online] https://www.schweizer-fn.de/festigkeit/wellen_achsen/wellen_achsen_start.php, abgerufen am: 22.07.2018.
- [33] Schweizer-FN: Stahlwerkstoffe, [online] https://www.schweizer-fn.de/festigkeit/festigkeitswerte/stahl/stahl_start.php, abgerufen am: 22.07.2018.
- [34] Gomeringer, R., Heinzler, M. u. Kilgus, R.: *Tabellenbuch Metall*. Europa-Fachbuchreihe für Metallberufe. 47. Aufl. , 2017.
- [35] Gross, D., Hauger, W., Schröder, J. u. Wall, W. A.: *Statik*. Springer-Lehrbuch, / Dietmar Gross ... ; Bd. 1. 12. Aufl. Berlin: Springer, 2013.
- [36] Prof. Dr.-Ing. K.-D. Thoben und T. Tietjen Dipl. -Ing.: Einführung in die Konstruktionsmethodik. Entwerfen und Gestalten, Bremen: BIBA - Universität Bremen, 2018.

Anhang

Der Anhang enthält folgende Unterlagen:

1. Datenblätter zu Materialien und Bauteilen
2. Technische Zeichnungen

Auf der mitgelieferten CD:

1. Auslegungen
2. Modellierung der Komponenten mit Autodesk Fusion 360

E295

Unlegierte Baustähle

Werkstoffnummer	1.0050
gemäß	DIN EN 10025-2
Festigkeitsklasse	B

Allgemeines

Unlegierte Baustähle sind durch eine Mindeststreckgrenze von 185–450 MPa gekennzeichnet. Die Eignung für Kaltumformung wie Biegen, Abkanten, Flanschen, Bördeln usw. kann gesondert bestellt werden.

Der Verarbeiter dieser Stahlsorten muss sich davon überzeugen, dass seine Berechnungs-, Konstruktions- und Verarbeitungsverfahren werkstoffgerecht sind. Die angewandte Schweißtechnik muss sich für den vorgesehenen Verwendungszweck eignen und dem Stand der Technik entsprechen.

Die Stähle der Reihe E295–E360 werden üblicherweise nicht für U-Stahl, Winkel und Profile verwendet.

Mechanische Eigenschaften¹⁾

Nenndicke e	Streckgrenze R _{eH}
≤16 mm	≥ 295 MPa
>16 mm	≥ 285 MPa

Nenndicke e	Zugfestigkeit R _m
<3 mm	490 – 660 MPa
≥3 mm	470 – 610 MPa

Nenndicke e	Bruchdehnung A ₂ ²⁾ (längs/quer)
1,5<e≤2 mm	≥ 14/12 %
2<e≤2,5 mm	≥ 15/13 %
2,5<e<3 mm	≥ 16/14 %
3 ≤e≤40 mm	≥ 20/18 %

Sofern es die Erzeugnisbreite zulässt, werden die Proben für den Zugversuch quer zur Walzrichtung entnommen.

1) Die Werte für den Zugversuch in der Tabelle gelten für Längsproben, bei Band und Blech in Breiten ≥600 mm für Querproben.

2) Es gilt für die Nenndicke e:
e < 3 mm: A₈₀
e ≥ 3 mm: A₅

Lieferbare Abmessungen

Warmbreitband unbeizt, unbesäumt

Dicke in mm	Breite in mm
2,00 – 2,24	900 – 1400
2,25 – 2,49	900 – 1450
2,50 – 2,99	900 – 1500
3,00 – 3,99	900 – 1680
4,00 – 12,70	900 – 1750

Dicken bis 25 mm auf Anfrage.
Breiten bis 2000 mm auf Anfrage.

Warmbreitband gebeizt, unbesäumt

Dicke in mm	Breite in mm
2,00 – 2,24	900 – 1400
2,25 – 2,49	900 – 1450
2,50 – 2,99	900 – 1500
3,00 – 3,99	900 – 1680
4,00 – 6,00	900 – 1750
6,01 – 12,70	900 – 1500

Chemische Zusammensetzung¹⁾

(in Gewichtsprozent)

	min.	max.
P		0,045 %
S		0,045 %
N		0,012 % ²⁾

1) Schmelzenanalyse

2) Der Höchstwert für den Stickstoffgehalt gilt nicht, wenn der Stahl einen Gesamtgehalt an Aluminium von mindestens 0,020 % oder genügend andere stickstoffabbindende Elemente enthält.

Schweißen

Für die Stahlsorten S185, E295, E335 und E360 werden keine Angaben zur Schweiß-eignung gemacht, da für sie keine Anforderungen an die chemische Zusammensetzung bestehen.

Warmbandstahl gebeizt, besäumt

Dicke in mm	Breite in mm
2,00 – 2,24	900 – 1380
2,25 – 2,49	900 – 1430
2,50 – 2,99	900 – 1485
3,00 – 3,99	900 – 1665
4,00 – 6,00	900 – 1735

E295

Unlegierte Baustähle

Bandstahl längsgesteilt

Dicke in mm	Breite in mm
2,00 – 2,24	100 – 690
2,25 – 2,49	100 – 715
2,50 – 2,99	100 – 740
3,00 – 4,60	100 – 800
4,61 – 6,00	116 – 800
6,01 – 7,00	175 – 800
7,01 – 8,00	233 – 800

Breiten unter 100 mm auf Anfrage.

Lieferzustand, Prüfumfang und -bescheinigung

Für die Lieferung und Prüfung gelten die Bedingungen der DIN EN 10025-2, Abschnitte 6.3 und 8. Andere Prüfeinheiten können vereinbart werden.

Prüfbescheinigungen gemäß DIN EN 10204 können wie folgt mitgeliefert werden: EDV, DFÜ, Fax, E-Mail, Papier.

Emil Vögelin AG Stahl und Industrieprodukte
 Rinaustrasse 476 | CH-4303 Kaiseraugst
 T +41 (0)61 816 90 16 | F +41 (0)61 816 90 00
 info@voegelinag.ch | www.voegelinag.ch

Werkstoff			
Kurzname	16MnCr5		
Werkstoffnummer	1.7131		
Werkstoffgruppe	Legierter Einsatzstahl nach EN 10084		
Chemische Zusammensetzung (in %)			
C	Kohlenstoff	0.14 – 0.19	
Si	Silicium	max. 0.40	
Mn	Mangan	1.00 – 1.30	
P	Phosphor	max. 0.025	
S	Schwefel	max. 0.035	
Cr	Chrom	0.80 – 1.10	
Verwendung			
MnCr-legierter Einsatzstahl – geeignet für auf Verschleiss beanspruchte Bauteile, die eine Kernfestigkeit von 800 – 1000 N/mm² erfordern (z.B.: Zahnräder, Wellen, Pleuelstangen, usw.).			
Eigenschaften			
<ul style="list-style-type: none">Hohe Festigkeits- und ZähigkeitsanforderungenGut bearbeitbarEinsatzhärtbarBedingt schweisssbar			
Wärmebehandlung			
	Temperatur	Dauer	Abkühlung
Aufkohlen	880 – 980 °C	-	Öl / Wasser
Kernhärten	860 – 900 °C	-	Öl / Wasser
Randhärten	780 – 820 °C	-	Öl
Anlassen	150 – 200 °C	min. 1 h	Luft
Warmumformen	850 – 1100 °C	-	-
Lieferzustand			
Weichgeglüht (+A) auf max. 207 HB			



Technische Materialdaten

Rundstab PF CC 42 EN 61212

HGW 2088

TRÄGER: Baumwoll-Feingewebe
MATRIX: Phenol-Formaldehydharz

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	Einheit	Prüfwert	Norm
Biegefestigkeit	MPa	80	90
Zugfestigkeit	MPa	50	-
Druckfestigkeit parallel zur Schichtrichtung	MPa	65	80
Elastizitätsmodul-Biegeversuch	MPa	7000	-

ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN			
Isolationswiderstand	MΩ	-	0,5
Durchschlagsfestigkeit (1-Minuten-Prüfspannung) bei 90°C in Öl parallel zur Schichtrichtung	kV	5	1
Durchschlagsfestigkeit (1-Minuten-Prüfspannung) bei 90°C in Öl senkrecht zur Schichtrichtung	kV/mm	5	-
Kriechstromfestigkeit	CTI	100	-

THERMISCHE EIGENSCHAFTEN			
Grenztemperatur	°C	120	(120)

SONSTIGE EIGENSCHAFTEN			
Rohdichte	g/cm ³	1,4	(1,2-1,4)
Wasseraufnahme bei 3mm Dicke	mg/cm ²	-	8,0

EIGENSCHAFTEN

- Grenztemperatur 120°C
- gute mechanische und elektrische Festigkeit
- mechanische Bearbeitung gut möglich

ANWENDUNGEN

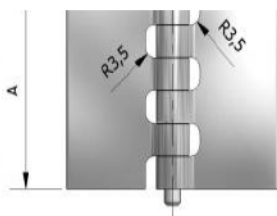
- mechanische und elektrische Anwendungen bei Temperaturen bis 130°C
- vielseitiger Konstruktionswerkstoff in Stabform
- Rollen, Lager und Scheiben für elektrische und nicht-electrische Anwendungen

Rev. B - 01.06.2016

Die Werte in () sind Kennwerte, die nur zur Information angegeben sind; sie dürfen nicht als Anforderung dieser Norm angesehen werden. Bei den angegebenen Prüfwerten handelt es sich um Mittelwerte, die durch laufende statistische Prüfungen und Kontrollen abgesichert sind. Diese Daten sind reine Beschaffenheitsangaben und führen nur bei ausdrücklicher Vereinbarung zu kaufvertraglicher Zusicherung. Die Richtlinie 2011/65/EU der Europäischen Union zur Beschränkung und Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten (RoHS) trat am 27. Januar 2011 in Kraft. Dabei handelt es sich um die folgenden Substanzen: Blei, Cadmium, Hexavalentes Chrom, Polybromierte Biphenyle, Polybromierte Diphenylether, Quecksilber. Wir erklären hiermit, dass sämtliche unsere Produkte RoHS-konform produziert werden. Wir agieren nach der EU-Verordnung 1907/2006 (REACH-VO) vom 18. Dezember 2006 als nachgeschalteter Anwender (Produzent von Erzeugnissen). Nach Auskunft unserer Lieferanten sind in den von uns verwendeten Materialien keine Stoffe aus der Kandidatenliste (SVHC-Liste) vom 15.06.2015 in einer Konzentration von mehr als 0,1 Massen% enthalten.

Artikelnummer: 3.00.760

Profilscharnier 80x120x7x8 mm/Gehärtet Stift



Spezifikationen

ARTIKEL#	A	B	C	D	E	GEWERBE	MATERIAL	OBERFLÄCHE	GEWICHT
3.00.760	80	240	16	7	8	8	Stahl	Unbehandelt	1,092

✓ Vorrätig

Kettengleitersätze

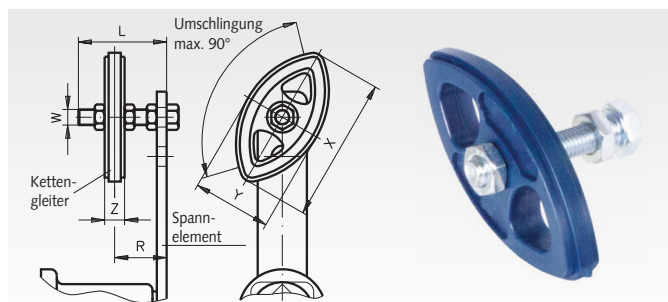
Werkstoff: POM, Schraube Stahl verzinkt.

Der Kettengleitersatz wird auf dem entsprechenden Spannelement zum einbaufertigen, kostengünstigen Kettenspanner montiert. Die Formgebung des aus hochwertigem Industriekunststoff hergestellten Gleiters erlaubt die beidseitige Benutzung und die großen Radien garantieren hohe Laufruhe. Die maximale Kettengeschwindigkeit soll 1,5 m/sek. nicht überschreiten.

Temperaturbereich: -20° bis +80°C.

Spannelement muss separat bestellt werden.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 851 00 Kettengleitersatz 06 B-1



Artikel-Nr.	passend zu Spannelement Größe	DIN ISO	W mm	L mm	X mm	Y mm	Z mm	Einstellbereich R mm	Gewicht kg
140 851 00	0	06 B - 1	M8	45	74	40	10,2	19 - 34	0,05
140 855 00	1	08 B - 1	M10	55	96	50	13,9	23 - 41	0,10
140 856 00	2	10 B - 1	M10	55	126	65	16,6	24 - 39	0,12
140 857 00	3	12 B - 1	M12	80	148	74	19,5	30 - 61	0,18

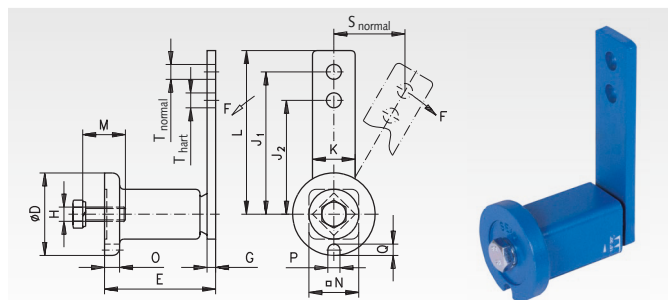
Spannelemente in Standardausführung

Werkstoff: Gehäuse bis Ø 78 mm aus Sinterstahl, über Ø 78 mm aus GG20, Hebelarm aus St52.

Diese Spannelemente eignen sich für die Spannung herkömmlicher Ketten- und Riementriebe. Die Federkörper basieren auf hochelastischem, formbeständigem Naturgummi. Die Spannelemente sind blau lackiert und werden mit einer verzinkten Schraube und Federring ausgeliefert. Für beide Spannrichtungen geeignet.

Temperaturbereich: -40° bis +80°C.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 800 00, Spannelement Ø 35 mm



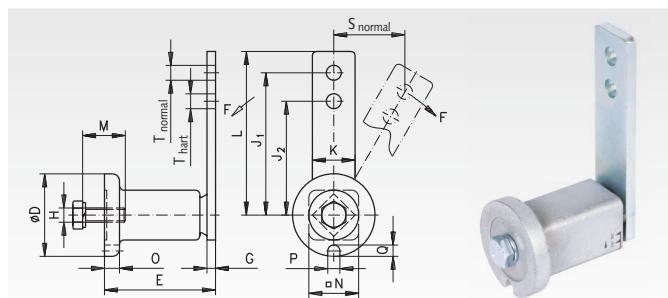
Artikel-Nr.	Größe	F max.		s max.		D	E	G	H	J ₁	J ₂	K	L	M	N	O	P	Q	T	M _A	Gewicht
		normal	hart	normal	hart	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Nm	kg
140 800 00	0	80	106	40	30	35	51 ^{+1,0} _{-0,5}	5	M6	80	60	20	90	20	22	6	8	5	8,5	10	0,2
140 801 00	1	135	168	50	40	45	64 ^{+1,0} _{-0,5}	5	M8	100	80	25	112,5	25	30	8	8,5	6	10,5	25	0,4
140 802 00	2	350	437	50	40	58	79 ^{+1,5} _{-0,5}	7	M10	100	80	30	115	30	35	10,5	8,5	8	10,5	49	0,6
140 802 12	2	350	437	50	40	58	79 ^{+1,5} _{-0,5}	7	M10	100	80	30	115	30	35	10,5	8,5	8	12	49	0,6
140 802 16	2	350	437	50	40	58	79 ^{+1,5} _{-0,5}	7	M10	100	80	30	115	30	35	10,5	8,5	8	16	49	0,6
140 803 00	3	800	1040	65	50	78	108 ⁺² _{-0,5}	8	M12	130	100	50	155	40	52	15	10,5	10	12,5	86	1,7
140 804 00	4	1500	1875	87,5	70	95	140 ⁺² _{-0,5}	10	M16	175	140	60	205	40	66	15	12,5	12	20,5	210	3,55

Spannelemente verzinkt und ölbeständig

Werkstoff: Gehäuse aus Sinterstahl bzw. GG20, Hebelarm aus St52.

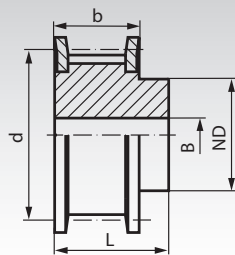
Diese Spannelemente entsprechen vom Aufbau der Standardausführung, sind jedoch galvanisch verzinkt und es sind mineralölbeständige, synthetische Federkörper gefügt. Diese Bauteile eignen sich für den Betrieb „im Freien“, z. B. Baumaschinen oder im Ölbad in Getriebekästen. Gekennzeichnet sind die Spannelemente durch einen gelben Punkt auf dem Hebelarm. Für beide Spannrichtungen geeignet. Temperaturbereich: -30° bis +90°C.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 800 03, Spannelement Ø 35 mm

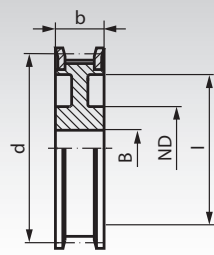


Artikel-Nr.	Größe	F max.		s max.		D	E	G	H	J ₁	J ₂	K	L	M	N	O	P	Q	T	M _A	Gewicht
		normal	hart	normal	hart	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Nm	kg
140 800 03	0	80	106	40	30	35	51 ^{+1,0} _{-0,5}	5	M6	80	60	20	90	20	22	6	8	5	8,5	10	0,2
140 801 03	1	135	168	50	40	45	64 ^{+1,0} _{-0,5}	5	M8	100	80	25	112,5	25	30	8	8,5	6	10,5	25	0,4
140 802 03	2	350	437	50	40	58	79 ^{+1,5} _{-0,5}	7	M10	100	80	30	115	30	35	10,5	8,5	8	10,5	49	0,6
140 803 03	3	800	1040	65	50	78	108 ⁺² _{-0,5}	8	M12	130	100	50	155	40	52	15	10,5	10	12,5	86	1,7
140 804 03	4	1500	1875	87,5	70	95	140 ⁺² _{-0,5}	10	M16	175	140	60	205	40	66	15	12,5	12	20,5	210	3,55

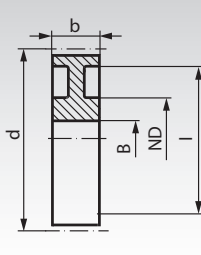
HTD-Zahnriemenräder Profil 8M



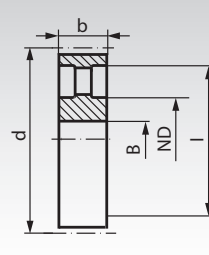
Ausführung 1F



Ausführung 10WF



Ausführung 10W



Ausführung 10A



Werkstoff: Stahl phosphatiert.
ab Zz = 80 GG20 phosphatiert.

Die Funktion eines Zahnriemenantriebes wird in hohem Maße von der Güte der zugehörigen Zahnscheiben beeinflusst. HTD-Zahnscheiben sind Präzisionsteile. Sie werden mit Spezialfräsern teilungsgenau gefertigt. Dadurch wird ein präziser Zahneingriff erreicht.

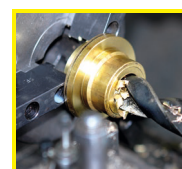
Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 174 411 00, Zahnscheiben, Teilung 8 mm, 22 Zähne, Zahnriemenbreite 50 mm

Profil 8M, Zahnriemenbreite 50 mm

Artikel-Nr. Zahnriemenbreite 50mm	Zähne- zahl	Aus- führung	Außen-Ø Zahnscheibe mm	Bordscheibe mm	d mm	ND mm	b mm	L mm	l mm	Vorbereitung B mm	Gewicht kg
174 411 00	22	1F	54,65	60,0	56,02	43	60	70	-	12	1,10
174 412 00	24	1F	59,75	66,0	61,12	45	60	70	-	12	1,30
174 413 00	26	1F	64,85	71,0	66,21	48	60	70	-	12	1,60
174 414 00	28	1F	70,08	75,0	71,3	50	60	70	-	14	1,70
174 415 00	30	1F	75,13	83,0	76,39	55	60	70	-	14	2,00
174 416 00	32	1F	80,16	87,0	81,49	60	60	70	-	14	2,35
174 417 00	34	1F	85,22	91,0	86,58	66	60	70	-	14	2,80
174 418 00	36	1F	90,30	98,5	91,67	70	60	70	-	14	3,15
174 419 00	38	1F	95,39	103,0	96,77	75	60	70	-	14	3,30
174 420 00	40	1F	100,49	106,0	101,86	75	60	70	-	14	3,60
174 422 00	44	1F	110,67	119,0	112,05	75	60	70	-	14	4,40
174 424 00	48	1F	120,86	127,0	122,23	75	60	70	-	14	5,00
174 428 00	56	10WF	141,23	148,0	142,6	80	60	-	116	18	5,68
174 432 00	64	10WF	161,60	168,0	162,97	80	60	-	137	18	6,93
174 436 00	72	10WF	181,97	192,0	183,35	80	60	-	158	18	7,95
174 440 00	80	10W	202,35	-	203,72	110	60	-	180	18	6,90

Profil 8M, Zahnriemenbreite 85 mm

Artikel-Nr. Zahnriemenbreite 85mm	Zähne- zahl	Aus- führung	Außen-Ø Zahnscheibe mm	Bordscheibe mm	d mm	ND mm	b mm	L mm	l mm	Vorbereitung B mm	Gewicht kg
174 511 00	22	1F	54,65	60,0	56,02	43	95	105	-	12	1,55
174 512 00	24	1F	59,75	66,0	61,12	45	95	105	-	12	1,90
174 513 00	26	1F	64,84	71,0	66,21	48	95	105	-	12	2,25
174 514 00	28	1F	69,93	75,0	71,30	50	95	105	-	15	2,55
174 515 00	30	1F	75,02	83,0	76,39	55	95	105	-	15	3,00
174 516 00	32	1F	80,16	87,0	81,49	60	95	105	-	15	3,57
174 517 00	34	1F	85,22	91,0	86,58	66	95	105	-	15	4,00
174 518 00	36	1F	90,30	98,5	91,67	70	95	105	-	15	4,50
174 519 00	38	1F	95,39	103,0	96,77	75	95	105	-	15	5,00
174 520 00	40	1F	100,49	106,0	101,86	75	95	105	-	18	5,20
174 522 00	44	1F	110,67	119,0	112,05	75	95	105	-	18	6,60
174 524 00	48	1F	120,86	127,0	122,23	80	95	105	-	18	7,00
174 528 00	56	1F	141,23	148,0	142,60	90	95	105	-	18	10,00
174 532 00	64	10WF	161,60	168,0	162,97	100	95	-	137	20	10,40
174 536 00	72	10WF	181,97	192,0	183,35	100	95	-	158	20	11,40
174 540 00	80	10W	202,35	-	203,72	110	95	-	180	20	11,10
174 545 00	90	10A	227,81	-	229,18	110	95	-	204	20	12,20
174 556 00	112	10A	283,83	-	285,21	110	95	-	254	24	15,00
174 572 00	144	10A	365,32	-	366,69	110	95	-	336	24	21,50
174 584 00	168	10A	426,44	-	427,81	120	95	-	400	24	24,10
174 596 00	192	10A	487,55	-	488,92	130	95	-	460	24	30,60



**Fertigbearbeitung im
24-Stunden-Service möglich.
Sonderanfertigungen und
Zeichnungsteile auf Anfrage.**

HTD-Zahnriemen

Werkstoff: Neopren mit Glasfaser-Zugstrang.
Laufseite nylongewebe-beschichtet.

HTD (High Torque Drive)-Zahnriemen mit halbrunden Zähnen für gleichmäßigeren Spannungsverlauf im Zahnquerschnitt zur Übertragung hoher Leistungen.

Bestellangaben: z.B.: 175 105 00, HTD-Zahnriemen, Profil 8M, 480 mm, Riemenbreite 20 mm, 60 Zähne

HTD



Profil HTD 8M, Zahnteilung 8 mm

Artikel-Nr. Breite 20mm	Artikel-Nr. Breite 30mm	Artikel-Nr. Breite 50mm	Artikel-Nr. Breite 85mm	Wirklänge mm	Zähne- zahl
175 105 00	175 305 00	175 505 00	175 705 00	480	60
175 107 00	175 307 00	175 507 00	175 707 00	560	70
175 109 00	175 309 00	175 509 00	175 709 00	600	75
175 111 00	175 311 00	175 511 00	175 711 00	640	80
175 112 00	175 312 00	175 512 00	175 712 00	656	82
175 114 00	175 314 00	175 514 00	175 714 00	720	90
175 117 00	175 317 00	175 517 00	175 717 00	800	100
175 119 00	175 319 00	175 519 00	175 719 00	880	110
175 121 00	175 321 00	175 521 00	175 721 00	960	120
175 124 00	175 324 00	175 524 00	175 724 00	1040	130
175 126 00	175 326 00	175 526 00	175 726 00	1120	140
175 128 00	175 328 00	175 528 00	175 728 00	1200	150
175 130 00	175 330 00	175 530 00	175 730 00	1280	160
175 132 00	175 332 00	175 532 00	175 732 00	1360	170
175 134 00	175 334 00	175 534 00	175 734 00	1440	180
175 137 00	175 337 00	175 537 00	175 737 00	1600	200
175 140 00	175 340 00	175 540 00	175 740 00	1760	220
175 142 00	175 342 00	175 542 00	175 742 00	1800	225
175 144 00	175 344 00	175 544 00	175 744 00	2000	250
175 148 00	175 348 00	175 548 00	175 748 00	2400	300
175 152 00	175 352 00	175 552 00	175 752 00	2800	350
175 100 00	175 300 00	175 500 00	175 700 00	Meterware	-

Profil HTD 14M, Zahnteilung 14 mm

Artikel-Nr. Breite 40 mm	Artikel-Nr. Breite 55 mm	Artikel-Nr. Breite 85 mm	Wirklänge mm	Zähne- zahl
177 108 00	177 308 00	177 508 00	966	69
177 111 00	177 311 00	177 511 00	1190	85
177 114 00	177 314 00	177 514 00	1400	100
177 117 00	177 317 00	177 517 00	1610	115
177 120 00	177 320 00	177 520 00	1778	127
177 122 00	177 322 00	177 522 00	1890	135
177 125 00	177 325 00	177 525 00	2100	150
177 128 00	177 328 00	177 528 00	2310	165
177 130 00	177 330 00	177 530 00	2450	175
177 132 00	177 332 00	177 532 00	2590	185
177 136 00	177 336 00	177 536 00	2800	200
177 139 00	177 339 00	177 539 00	3150	225
177 142 00	177 342 00	177 542 00	3500	250
177 145 00	177 345 00	177 545 00	3850	275
177 148 00	177 348 00	177 548 00	4326	309
177 151 00	177 351 00	177 551 00	4578	327

Meterware siehe Seite 172.

Leistungswerte siehe Seite 132.

Zulässige Riemenzugkräfte siehe Seite 129.

Spannrollen und Spannelemente für Zahnriemen

Spannrollen zum Spannen auf der Riemen-Außenseite (Riemenrücken). Die Spannrollen können entweder starr montiert oder mit den Spannelementen zu elastischen Riemenspannern kombiniert werden.

Hinweis: Außenliegende Spannrollen verkürzen aufgrund von Wechselbiegungen die Zahnriemen-Lebensdauer. Daher ist bei der Antriebsberechnung bei außenliegender Spannrolle für die Berechnungsleistung ein Korrekturfaktor von mindestens 1,2 anzusetzen. Falls auf der Zahnriemen-Innenseite gespannt werden soll, muss eine verzahnte Spannrolle verwendet werden (kugelgelagertes Zahnriemenrad, nur als Sonderanfertigung).

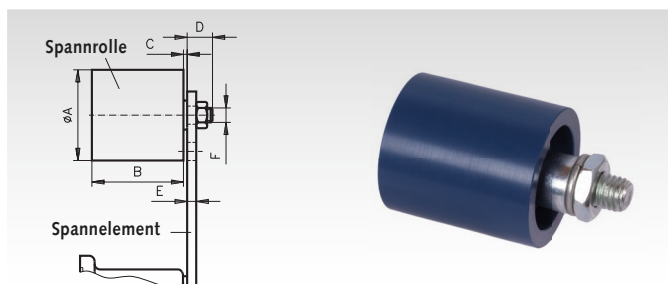


Spannrollen

Werkstoff: Flachrolle aus hochwertigem Industriekunststoff.

Die Spannrolle wird, montiert auf dem entsprechenden Spannelement, zum einbaufertigen Riemenspanner oder für sich allein als Umlenkrolle eingesetzt. Sie läuft auf zwei dauergeschmierten 2-Z Kugellagern.

Das Spannelement muss separat bestellt werden.



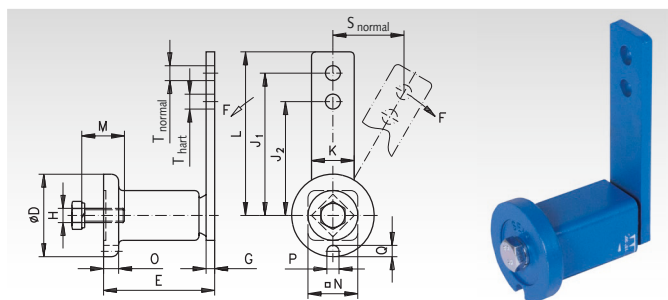
Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 872 00, Spannrolle Ø 30 mm inkl. Befestigungssatz

Artikel-Nr.	Durchmesser A mm	Artikel-Nr. Spannelement passend	B mm	C mm	D mm	E max. mm	F mm	Gewicht kg
140 872 00	30	140 800 00	35	2	14	5	M8	0,08
140 874 00	40	140 801 00	45	6	16	7	M10	0,17
140 876 00	60	140 803 00	60	8	17	8	M12	0,40
140 878 00	80	140 804 00	90	8	25	10	M20	1,15

Spannelemente

Werkstoff: Hebelarm aus St52, Gehäuse bis Ø 78 mm aus Sinterstahl, über Ø 78 mm aus GG20. Spannelemente sind blau lackiert und werden mit einer verzinkten Schraube und Federring geliefert.

Diese Spannelemente eignen sich für die Spannung herkömmlicher Ketten- und Riementreibe. Die Federkörper basieren auf hochelastischem, formbeständigem Naturgummi und sind für Umgebungstemperaturen von -40°C bis +80°C geeignet. Für beide Spannrichtungen verwendbar.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 800 00, Spannelement Ø 35 x 90 mm lang

Artikel-Nr.	Größe	F max.		s max.		D	E	G	H	J ₁	J ₂	K	L	M	N	O	P	Q	T	M _A	Gewicht
		normal N	hart N	normal mm	hart mm																
140 800 00	0	80	106	40	30	35	51 ^{+1,0} _{-0,5}	5	M6	80	60	20	90	20	22	6	8	5	8,5	10	0,2
140 801 00	1	135	168	50	40	45	64 ^{+1,0} _{-0,5}	5	M8	100	80	25	112,5	25	30	8	8,5	6	10,5	25	0,4
140 802 00	2	350	437	50	40	58	79 ^{+1,5} _{-0,5}	7	M10	100	80	30	115	30	35	10,5	8,5	8	10,5	49	0,6
140 803 00	3	800	1040	65	50	78	108 ⁺² _{-0,5}	8	M12	130	100	50	155	40	52	15	10,5	10	12,5	86	1,7
140 804 00	4	1500	1875	87,5	70	95	140 ⁺² _{-0,5}	10	M16	175	140	60	205	40	66	15	12,5	12	20,5	210	3,55

Weitere Spannelemente-Ausführungen (rostfrei, verzinkt usw.) siehe Seite 116.

Taper-Spannbuchsen

Werkstoff: GG25.

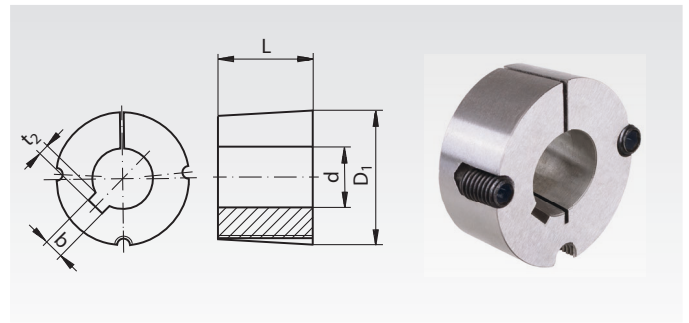
Bohrungen ISO E8, Passfedernuten nach DIN 6885/1, Lieferung einschließlich Schrauben.

Wellentoleranz +0,05/-0,125 mm.

Verwendbar mit oder ohne Passfeder, je nach erforderlichem Drehmoment.

Weitere Buchsengrößen und Bohrungen kurzfristig lieferbar (zum Teil als Vorrat). Montageanleitung siehe Seite 824.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 622 501 09, Taper-Spannbuchse 1008, 9 mm Bohrung



Artikel-Nr.	Spann- buchse Nr.	Bohrung d mm	Nut b mm	t ₂ mm	L mm	D ₁ mm	Gewicht kg
622 501 09	1008	9	3	1,4	22,3	35,2	0,175
622 501 10	1008	10	3	1,4	22,3	35,2	0,160
622 501 11	1008	11	4	1,8	22,3	35,2	0,140
622 501 12	1008	12	4	1,8	22,3	35,2	0,120
622 501 14	1008	14	5	2,3	22,3	35,2	0,118
622 501 15	1008	15	5	2,3	22,3	35,2	0,116
622 501 16	1008	16	5	2,3	22,3	35,2	0,112
622 501 18	1008	18	6	2,8	22,3	35,2	0,100
622 501 19	1008	19	6	2,8	22,3	35,2	0,098
622 501 20	1008	20	6	2,8	22,3	35,2	0,094
622 501 22	1008	22	6	2,8	22,3	35,2	0,080
622 501 24 ¹⁾	1008	24	8	1,3 ¹⁾	22,3	35,2	0,070
622 501 25 ¹⁾	1008	25	8	1,3 ¹⁾	22,3	35,2	0,068
622 502 09	1108	9	3	1,4	22,3	38,4	0,195
622 502 10	1108	10	3	1,4	22,3	38,4	0,180
622 502 11	1108	11	4	1,8	22,3	38,4	0,165
622 502 12	1108	12	4	1,8	22,3	38,4	0,154
622 502 14	1108	14	5	2,3	22,3	38,4	0,148
622 502 15	1108	15	5	2,3	22,3	38,4	0,145
622 502 16	1108	16	5	2,3	22,3	38,4	0,140
622 502 17	1108	17	5	2,3	22,3	38,4	0,136
622 502 18	1108	18	6	2,8	22,3	38,4	0,132
622 502 19	1108	19	6	2,8	22,3	38,4	0,126
622 502 20	1108	20	6	2,8	22,3	38,4	0,122
622 502 22	1108	22	6	2,8	22,3	38,4	0,112
622 502 24	1108	24	8	3,3	22,3	38,4	0,096
622 502 25	1108	25	8	3,3	22,3	38,4	0,092
622 502 28 ¹⁾	1108	28	8	1,3 ¹⁾	22,3	38,4	0,088
622 503 10	1210	10	3	1,4	25,4	47,5	0,282
622 503 11	1210	11	4	1,8	25,4	47,5	0,280
622 503 12	1210	12	4	1,8	25,4	47,5	0,278
622 503 14	1210	14	5	2,3	25,4	47,5	0,274
622 503 15	1210	15	5	2,3	25,4	47,5	0,267
622 503 16	1210	16	5	2,3	25,4	47,5	0,262
622 503 17	1210	17	5	2,3	25,4	47,5	0,257
622 503 18	1210	18	6	2,8	25,4	47,5	0,250
622 503 19	1210	19	6	2,8	25,4	47,5	0,244
622 503 20	1210	20	6	2,8	25,4	47,5	0,240
622 503 22	1210	22	6	2,8	25,4	47,5	0,224
622 503 24	1210	24	8	3,3	25,4	47,5	0,208
622 503 25	1210	25	8	3,3	25,4	47,5	0,198
622 503 28	1210	28	8	3,3	25,4	47,5	0,184
622 503 30	1210	30	8	3,3	25,4	47,5	0,168
622 503 32	1210	32	10	3,3	25,4	47,5	0,160
622 513 14	1215	14	5	2,3	38,1	47,5	0,380
622 513 16	1215	16	5	2,3	38,1	47,5	0,370
622 513 18	1215	18	6	2,8	38,1	47,5	0,350
622 513 19	1215	19	6	2,8	38,1	47,5	0,340
622 513 20	1215	20	6	2,8	38,1	47,5	0,335
622 513 22	1215	22	6	2,8	38,1	47,5	0,320
622 513 24	1215	24	8	3,3	38,1	47,5	0,290
622 513 25	1215	25	8	3,3	38,1	47,5	0,285
622 513 28	1215	28	8	3,3	38,1	47,5	0,260
622 513 30	1215	30	8	3,3	38,1	47,5	0,230
622 513 32	1215	32	10	3,3	38,1	47,5	0,200

¹⁾ Mit flacher Nut.

Artikel-Nr.	Spann- buchse Nr.	Bohrung d mm	Nut b mm	t ₂ mm	L mm	D ₁ mm	Gewicht kg
622 504 12	1610	12	4	1,8	25,4	57	0,416
622 504 14	1610	14	5	2,3	25,4	57	0,412
622 504 15	1610	15	5	2,3	25,4	57	0,408
622 504 16	1610	16	5	2,3	25,4	57	0,402
622 504 17	1610	17	5	2,3	25,4	57	0,397
622 504 18	1610	18	6	2,8	25,4	57	0,390
622 504 19	1610	19	6	2,8	25,4	57	0,380
622 504 20	1610	20	6	2,8	25,4	57	0,373
622 504 22	1610	22	6	2,8	25,4	57	0,366
622 504 24	1610	24	8	3,3	25,4	57	0,356
622 504 25	1610	25	8	3,3	25,4	57	0,348
622 504 28	1610	28	8	3,3	25,4	57	0,324
622 504 30	1610	30	8	3,3	25,4	57	0,304
622 504 32	1610	32	10	3,3	25,4	57	0,280
622 504 35	1610	35	10	3,3	25,4	57	0,264
622 504 38	1610	38	10	3,3	25,4	57	0,240
622 504 40	1610	40	12	3,3	25,4	57	0,210
622 504 42	1610	42	12	3,3	25,4	57	0,200
622 508 12	1615	12	4	1,8	38,1	57	0,590
622 508 14	1615	14	5	2,3	38,1	57	0,580
622 508 15	1615	15	5	2,3	38,1	57	0,580
622 508 16	1615	16	5	2,3	38,1	57	0,580
622 508 18	1615	18	6	2,8	38,1	57	0,561
622 508 19	1615	19	6	2,8	38,1	57	0,557
622 508 20	1615	20	6	2,8	38,1	57	0,552
622 508 22	1615	22	6	2,8	38,1	57	0,540
622 508 24	1615	24	8	3,3	38,1	57	0,520
622 508 25	1615	25	8	3,3	38,1	57	0,510
622 508 28	1615	28	8	3,3	38,1	57	0,470
622 508 30	1615	30	8	3,3	38,1	57	0,446
622 508 32	1615	32	10	3,3	38,1	57	0,414
622 508 35	1615	35	10	3,3	38,1	57	0,380
622 508 38	1615	38	10	3,3	38,1	57	0,346
622 508 40	1615	40	12	3,3	38,1	57	0,340
622 508 42 ¹⁾	1615	42	12	2,2 ¹⁾	38,1	57	0,260
622 505 12	2012	12	4	1,8	31,8	70	0,810
622 505 14	2012	14	5	2,3	31,8	70	0,800
622 505 15	2012	15	5	2,3	31,8	70	0,785
622 505 16	2012	16	5	2,3	31,8	70	0,770
622 505 18	2012	18	6	2,8	31,8	70	0,762
622 505 19	2012	19	6	2,8	31,8	70	0,756
622 505 20	2012	20	6	2,8	31,8	70	0,750
622 505 22	2012	22	6	2,8	31,8	70	0,736
622 505 24	2012	24	8	3,3	31,8	70	0,724
622 505 25	2012	25	8	3,3	31,8	70	0,714
622 505 28	2012	28	8	3,3	31,8	70	0,684
622 505 30	2012	30	8	3,3	31,8	70	0,658
622 505 32	2012	32	10	3,3	31,8	70	0,630
622 505 35	2012	35	10	3,3	31,8	70	0,604
622 505 38	2012	38	10	3,3	31,8	70	0,566
622 505 40	2012	40	12	3,3	31,8	70	0,538
622 505 42	2012	42	12	3,3	31,8	70	0,510
622 505 45	2012	45	14	3,8	31,8	70	0,460
622 505 48	2012	48	14	3,8	31,8	70	0,404
622 505 50	2012	50	14	3,8	31,8	70	0,372

Taper-Spannbuchsen

Werkstoff: GG25.

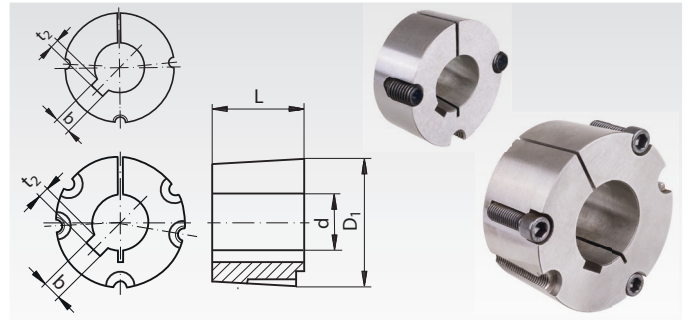
Bohrungen ISO E8, Passfedernuten nach DIN 6885/1, Lieferung einschließlich Schrauben. Ab Größe 3525 mit drei Schrauben.

Wellentoleranz +0,05/-0,125 mm.

Verwendbar mit oder ohne Passfeder, je nach erforderlichem Drehmoment.

Weitere Buchsengrößen und Bohrungen kurzfristig lieferbar (zum Teil als Vorrat). Montageanleitung siehe Seite 824.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 622 506 15, Taper-Spannbuchse 2517, 15 mm Bohrung



Artikel-Nr.	Spann- buchse Nr.	Bohrung d mm	Nut b mm	t ₂ mm	L mm	D ₁ mm	Gewicht kg
622 506 15	2517	15	5	2,3	44,5	85,5	1,85
622 506 16	2517	16	5	2,3	44,5	85,5	1,80
622 506 18	2517	18	6	2,8	44,5	85,5	1,70
622 506 19	2517	19	6	2,8	44,5	85,5	1,62
622 506 20	2517	20	6	2,8	44,5	85,5	1,60
622 506 22	2517	22	6	2,8	44,5	85,5	1,57
622 506 24	2517	24	8	3,3	44,5	85,5	1,57
622 506 25	2517	25	8	3,3	44,5	85,5	1,56
622 506 28	2517	28	8	3,3	44,5	85,5	1,52
622 506 30	2517	30	8	3,3	44,5	85,5	1,49
622 506 32	2517	32	10	3,3	44,5	85,5	1,45
622 506 35	2517	35	10	3,3	44,5	85,5	1,40
622 506 38	2517	38	10	3,3	44,5	85,5	1,35
622 506 40	2517	40	12	3,3	44,5	85,5	1,32
622 506 42	2517	42	12	3,3	44,5	85,5	1,27
622 506 45	2517	45	14	3,8	44,5	85,5	1,20
622 506 48	2517	48	14	3,8	44,5	85,5	1,13
622 506 50	2517	50	14	3,8	44,5	85,5	1,08
622 506 55	2517	55	16	4,3	44,5	85,5	0,96
622 506 60	2517	60	18	4,4	44,5	85,5	0,81
622 506 65 ¹⁾	2517	65	18	3,4 ¹⁾	44,5	85,5	0,65
622 507 20	3020	20	6	2,8	50,8	108	3,00
622 507 25	3020	25	8	3,3	50,8	108	2,91
622 507 28	3020	28	8	3,3	50,8	108	2,79
622 507 30	3020	30	8	3,3	50,8	108	2,84
622 507 32	3020	32	10	3,3	50,8	108	2,80
622 507 35	3020	35	10	3,3	50,8	108	2,75
622 507 38	3020	38	10	3,3	50,8	108	2,70
622 507 40	3020	40	12	3,3	50,8	108	2,64
622 507 42	3020	42	12	3,3	50,8	108	2,59
622 507 45	3020	45	14	3,8	50,8	108	2,52
622 507 48	3020	48	14	3,8	50,8	108	2,43
622 507 50	3020	50	14	3,8	50,8	108	2,37
622 507 55	3020	55	16	4,3	50,8	108	2,23
622 507 60	3020	60	18	4,4	50,8	108	2,00
622 507 65	3020	65	18	4,4	50,8	108	1,89
622 507 70	3020	70	20	4,9	50,8	108	1,70
622 507 75	3020	75	20	4,9	50,8	108	1,49
622 511 30	3030	30	8	3,3	76,2	108	4,05
622 511 35	3030	35	10	3,3	76,2	108	3,95
622 511 38	3030	38	10	3,3	76,2	108	3,86
622 511 40	3030	40	12	3,3	76,2	108	3,82
622 511 42	3030	42	12	3,3	76,2	108	3,69
622 511 45	3030	45	14	3,8	76,2	108	3,55
622 511 48	3030	48	14	3,8	76,2	108	3,45
622 511 50	3030	50	14	3,8	76,2	108	3,42
622 511 55	3030	55	16	4,3	76,2	108	3,18
622 511 60	3030	60	18	4,4	76,2	108	2,95
622 511 65	3030	65	18	4,4	76,2	108	2,68
622 511 70	3030	70	20	4,9	76,2	108	2,06
622 511 75	3030	75	20	4,9	76,2	108	1,64

¹⁾ Mit flacher Nut.

Artikel-Nr.	Spann- buchse Nr.	Bohrung d mm	Nut b mm	t ₂ mm	L mm	D ₁ mm	Gewicht kg
622 509 35	3525	35	10	3,3	63,5	127	4,91
622 509 38	3525	38	10	3,3	63,5	127	4,85
622 509 40	3525	40	12	3,3	63,5	127	4,80
622 509 42	3525	42	12	3,3	63,5	127	4,71
622 509 45	3525	45	14	3,8	63,5	127	4,67
622 509 48	3525	48	14	3,8	63,5	127	4,55
622 509 50	3525	50	14	3,8	63,5	127	4,44
622 509 55	3525	55	16	4,3	63,5	127	4,29
622 509 60	3525	60	18	4,4	63,5	127	4,05
622 509 65	3525	65	18	4,4	63,5	127	3,88
622 509 70	3525	70	20	4,9	63,5	127	3,58
622 509 75	3525	75	20	4,9	63,5	127	3,37
622 509 80	3525	80	22	5,4	63,5	127	3,05
622 509 85	3525	85	22	5,4	63,5	127	2,77
622 509 90	3525	90	25	5,4	63,5	127	2,47
622 510 30	3535	30	8	3,3	89,0	127	6,95
622 510 35	3535	35	10	3,3	89,0	127	6,70
622 510 38	3535	38	10	3,3	89,0	127	6,53
622 510 40	3535	40	12	3,3	89,0	127	6,48
622 510 42	3535	42	12	3,3	89,0	127	6,40
622 510 45	3535	45	14	3,8	89,0	127	6,25
622 510 48	3535	48	14	3,8	89,0	127	6,17
622 510 50	3535	50	14	3,8	89,0	127	6,05
622 510 55	3535	55	16	4,3	89,0	127	5,81
622 510 60	3535	60	18	4,4	89,0	127	5,50
622 510 65	3535	65	18	4,4	89,0	127	5,20
622 510 70	3535	70	20	4,9	89,0	127	4,88
622 510 75	3535	75	20	4,9	89,0	127	4,46
622 510 80	3535	80	22	5,4	89,0	127	4,08
622 510 85	3535	85	22	5,4	89,0	127	3,67
622 510 90	3535	90	25	5,4	89,0	127	3,21
622 512 40	4030	40	12	3,3	76,2	146	8,92
622 512 42	4030	42	12	3,3	76,2	146	8,80
622 512 45	4030	45	14	3,8	76,2	146	8,67
622 512 48	4030	48	14	3,8	76,2	146	8,49
622 512 50	4030	50	14	3,8	76,2	146	8,33
622 512 55	4030	55	16	4,3	76,2	146	8,15
622 512 60	4030	60	18	4,4	76,2	146	7,85
622 512 65	4030	65	18	4,4	76,2	146	7,60
622 512 70	4030	70	20	4,9	76,2	146	7,18
622 512 75	4030	75	20	4,9	76,2	146	6,84
622 512 80	4030	80	22	5,4	76,2	146	6,46
622 512 85	4030	85	22	5,4	76,2	146	6,06
622 512 90	4030	90	25	5,4	76,2	146	5,59
622 512 91	4030	100	28	6,4	76,2	146	4,63
622 514 40	4040	40	12	3,3	102,0	146	10,19
622 514 42	4040	42	12	3,3	102,0	146	10,03
622 514 45	4040	45	14	3,8	102,0	146	9,86
622 514 48	4040	48	14	3,8	102,0	146	9,66
622 514 50	4040	50	14	3,8	102,0	146	9,48
622 514 55	4040	55	16	4,3	102,0	146	9,27
622 514 60	4040	60	18	4,4	102,0	146	8,93
622 514 65	4040	65	18	4,4	102,0	146	8,65
622 514 70	4040	70	20	4,9	102,0	146	8,17
622 514 75	4040	75	20	4,9	102,0	146	7,78
622 514 80	4040	80	22	5,4	102,0	146	7,35
622 514 85	4040	85	22	5,4	102,0	146	6,89
622 514 90	4040	90	25	5,4	102,0	146	6,36
622 514 95	4040	95	25	5,4	102,0	146	5,94
622 514 91	4040	100	28	6,4	102,0	146	5,27

Taper-Spannbuchsen

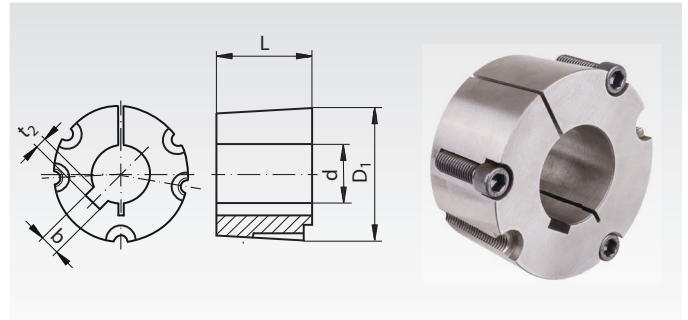
Werkstoff: GG25.

Bohrungen ISO E8, Passfedernuten nach DIN 6885/1, Lieferung einschließlich Schrauben.

Wellentoleranz +0,05/-0,125 mm.

Verwendbar mit oder ohne Passfeder, je nach erforderlichem Drehmoment.

Weitere Buchsengrößen und Bohrungen kurzfristig lieferbar (zum Teil als Vorrat). Montageanleitung siehe Seite 824.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 622 515 55, Taper-Spannbuchse 4545, 55 mm Bohrung

Artikel-Nr.	Spann- buchse Nr.	Bohrung d mm	Nut b mm	t ₂ mm	L mm	D ₁ mm	Gewicht kg
622 515 55	4545	55	16	4,3	114	162	13,2
622 515 60	4545	60	18	4,4	114	162	12,8
622 515 65	4545	65	18	4,4	114	162	12,4
622 515 70	4545	70	20	4,9	114	162	12,0
622 515 75	4545	75	20	4,9	114	162	11,6
622 515 80	4545	80	22	5,4	114	162	11,0
622 515 85	4545	85	22	5,4	114	162	10,5
622 515 90	4545	90	25	5,4	114	162	10,0
622 515 95	4545	95	25	5,4	114	162	9,4
622 515 91	4545	100	28	6,4	114	162	8,6
622 515 93	4545	110	28	6,4	114	162	7,2

Artikel-Nr.	Spann- buchse Nr.	Bohrung d mm	Nut b mm	t ₂ mm	L mm	D ₁ mm	Gewicht kg
622 516 70	5050	70	20	4,9	127	178,0	16,7
622 516 75	5050	75	20	4,9	127	178,0	16,1
622 516 80	5050	80	22	5,4	127	178,0	15,6
622 516 85	5050	85	22	5,4	127	178,0	15,0
622 516 90	5050	90	25	5,4	127	178,0	14,4
622 516 95	5050	95	25	5,4	127	178,0	13,9
622 516 91	5050	100	28	6,4	127	178,0	13,1
622 516 92	5050	105	28	6,4	127	178,0	12,5
622 516 93	5050	110	28	6,4	127	178,0	11,6
622 516 94	5050	115	32	7,4	127	178,0	11,0
622 516 96	5050	120	32	7,4	127	178,0	9,8
622 516 97	5050	125	32	7,4	127	178,0	9,1

Ersatzschrauben für Taper-Spannbuchsen

Werkstoff: Stahl. **Lieferumfang:** Eine Schraube (Bestellmenge ist abhängig vom Bedarf).

Taper-Spannbuchsen haben bis Größe 3030 zwei Schrauben und ab Größe 3525 drei Schrauben.

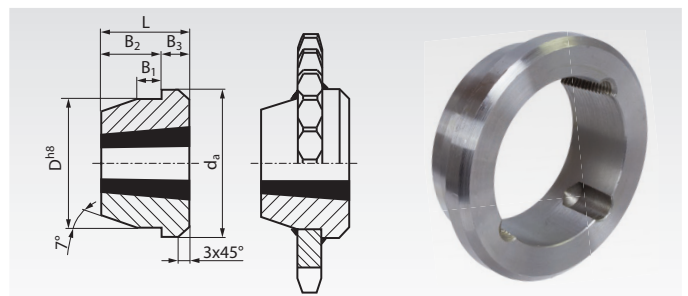
Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 622 501 99, Ersatzschraube Taper-Spannbuchse 1008 und 1108

Artikel-Nr.	passend für Spannbuchse	Größe	Form	Anzugsmoment Nm	Gewicht g
622 501 99	1008 ; 1108	1/4" x 1/2"	Stiftschraube mit Innensechskant	5,6	1,9
622 503 99	1210 - 1615	3/8" x 5/8"	Stiftschraube mit Innensechskant	20	5,2
622 505 99	2012 ; 2017	7/16" x 7/8"	Stiftschraube mit Innensechskant	30	11,0
622 506 99	2517 ; 2525	1/2" x 1"	Stiftschraube mit Innensechskant	50	16,4
622 507 99	3020 ; 3030	5/8" x 1 1/4"	Stiftschraube mit Innensechskant	90	33,2
622 510 99	3525 ; 3535	1/2" x 1 1/2"	Zylinderschraube mit Innensechskant	112	47,3
622 512 99	4030 ; 4040	5/8" x 1 3/4"	Zylinderschraube mit Innensechskant	170	89,0
622 515 99	4545	3/4" x 2"	Zylinderschraube mit Innensechskant	190	147
622 516 99	5050	7/8" x 2 1/4"	Zylinderschraube mit Innensechskant	270	227

Einschweißnaben für Taper-Spannbuchsen

Werkstoff: Gut schweißbarer Stahl (St52 oder ähnlich).

Zur einfachen Befestigung von Kettenradscheiben und anderen Teilen auf Wellen mittels kostengünstiger Taper-Spannbuchsen. Taper-Spannbuchse und Kettenrad sind separat zu bestellen. Empfohlene Bohrungstoleranz: H8. Vor dem Schweißen sollte eine Taper-Spannbuchse mit einem Stück Welle in die Einschweißnabe montiert werden, um Wärmeverzug zu vermeiden.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 901 01, Einschweißnabe für Taper-Spannbuchse 1210

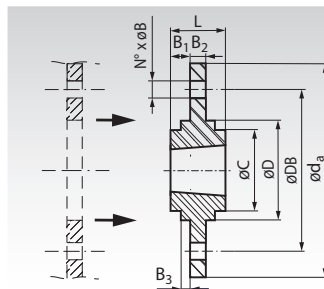
Artikel-Nr.	Für Spann- buchsentyp	d _a mm	D ^{H8} mm	B ₁ mm	B ₂ mm	B ₃ mm	L mm	Gewicht kg	Spannbuchsenbohrung min. mm	Spannbuchsenbohrung max. mm
140 901 01	1210	73	60	10	16	9	25	0,31	10	32
140 901 02	1215	76	60	11	22	16	38	0,50	14	32
140 901 03	1610	83	70	10	16	9	25	0,37	12	42
140 901 04	1615	83	70	11	22	16	38	0,60	12	42
140 901 05	2012	96	90	12	22	10	32	0,72	12	50
140 901 06	2517	127	110	13	26	19	45	1,8	15	65
140 901 07	3020	152	130	18	27	24	51	2,6	20	75
140 901 08	3030	152	130	19	51	25	76	3,6	30	75
140 901 09	3525	184	155	25	40	25	65	7,3	35	90
140 901 10	3535	184	155	25	57	32	89	6,4	30	90
140 901 11	4040	225	195	35	70	32	102	13,4	40	100
140 901 12	4545	254	220	40	76	38	114	20,0	55	110
140 901 13	5050	276	242	40	89	38	127	25,0	70	125

Anschraubnaben für Taper-Spannbuchsen

Werkstoff: Grauguss GG25. ¹⁾ aus Stahl.

Zur einfachen Befestigung von Kettenradscheiben oder anderen Teilen auf Wellen mittels kostengünstiger Taper-Spannbuchsen. Dazu wird das Kettenrad auf $\varnothing D$ aufgebohrt (empfohlene Toleranz: H8) und mit Befestigungsbohrungen für die Schrauben versehen. Die Schraubenlänge richtet sich nach der Kettenradscheibe. Schrauben und Muttern sind nicht im Lieferumfang enthalten. Taper-Spannbuchse und Kettenradscheibe sind separat zu bestellen.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 901 20, Anschraubnabe für Taper-Spannbuchse 1210, Außendurchmesser 120mm, Länge 25mm



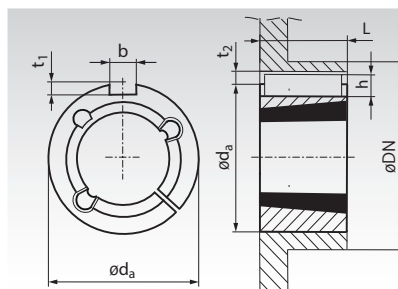
Artikel-Nr.	Für Spannbuchse	$\varnothing d_a$ mm	L mm	$\varnothing D^{-0,05}$ mm	$\varnothing C$ mm	B_1 mm	B_2 mm	B_3 mm	$\varnothing DB$ mm	N° mm	$\varnothing B$ mm	Pos. mm	Gewicht kg
140 901 20	1210	120	25	80	70	9,0	7,5	2,5	100	6	7,5	60°	0,90
140 901 21	1210	180	25	90	75	9,25	6,5	2,5	135	6	7,5	60°	1,55
140 901 25	1610	130	25	90	80	9,0	7,5	2,5	110	6	7,5	60°	1,00
140 901 30	1615	200	38	110	85	15,3	7,5	2,5	150	6	7,5	60°	2,45
140 901 35	2012	145	32	115	95	12,0	9,5	2,5	125	6	9,5	60°	1,50
140 901 36	2012	270	32	140	110	11,8	8,5	2,5	190	6	9,5	60°	4,4
140 901 40	2517	185	45	130	115	19,0	12,5	2,5	155	6	11,5	60°	3,1
140 901 41	2517	340	45	170	125	17,8	9,5	2,5	240	8	11,5	45°	7,9
140 901 45	3020	220	51	165	145	19,0	12,5	2,5	190	6	13,5	60°	5,0
140 901 46	3020	430	51	220	160	18,8	13,5	2,5	300	8	13,5	45°	16,5
140 901 47 ¹⁾	3020	485	51	250	160	18,8	13,5	2,5	340	8	13,5	45°	21,0

Adapter für Taper-Spannbuchsen

Werkstoff: Grauguss GG25.

Zur einfachen Befestigung von Kettenrädern oder anderen Teilen auf Wellen mittels kostengünstiger Taper-Spannbuchsen. Dazu wird das Kettenrad auf $\varnothing d_a$ aufgebohrt (empfohlene Toleranz: H8) und genutet (Sonder-Nutgröße). Dann kann die Taper-Spannbuchse mit dem Adapter in die Kettenradbohrung eingesteckt und festgeschraubt werden. Taper-Spannbuchse, Kettenrad und Passfeder sind separat zu bestellen.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 901 60, Adapter für Taper-Spannbuchse 1008, Außendurchmesser 45mm, Länge 22mm



Artikel-Nr.	Für Spann- buchse	Ød _a mm	L mm	b x h* mm	t ₁ * mm	t ₂ * mm	ØDN min.		Gewicht
							Stahl mm	Grauguss mm	kg
140 901 60	1008	45	22	5 x 5	2,5	2,8	60	75	0,10
140 901 62	1210	60	25	6 x 6	3,0	3,3	85	105	0,11
140 901 64	1610	70	25	10 x 8	4,0	4,3	95	115	0,24
140 901 65	1615	70	38	10 x 8	4,0	4,3	95	115	0,38
140 901 67	2517	105	45	16 x 10	4,0	6,3	130	150	1,00
140 901 69	3030	130	76	20 x 12	5,0	7,4	160	190	2,59
140 901 71	3535	160	90	22 x 12**	5,0	7,4	200	240	5,36
140 901 73	4040	185	102	24 x 12**	5,0	7,4	240	290	8,60

* Sonder-Nutgröße.

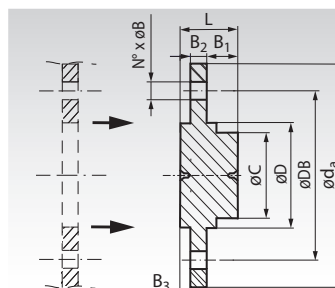
** Passfeder nicht nach DIN.

Anschraubnaben für Kettenradscheiben

Werkstoff: Stahl.

Zur einfachen Befestigung von Kettenradscheiben oder anderen Teilen auf Wellen. Dazu wird das Kettenrad auf $\varnothing D$ aufgebohrt (empfohlene Toleranz: H8) und mit Befestigungsbohrungen für die Schrauben versehen. Die Schraubenlänge richtet sich nach der Kettenradscheibe. Schrauben und Muttern sind nicht im Lieferumfang enthalten. Die Kettenradscheibe ist separat zu bestellen. Fertigbearbeitung wie Nabenbohrung gegen Mehrpreis.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 140 901 80, Anschraubnabe für Kettenradscheibe, Außendurchmesser 55mm, Länge 20mm



Artikel-Nr.	$\varnothing d_a$ mm	L mm	$\varnothing D^{H9}$ mm	$\varnothing C$ mm	B_1 mm	B_2 mm	B_3 mm	$\varnothing DB$ mm	N° mm	$\varnothing B$ mm	Pos. mm	Gewicht kg
140 901 80	55	20,0	30	27	13,0	4	3,0	45	6	4,2	60°	0,16
140 901 81	70	25,0	40	37	14,8	5	5,2	58	6	5,2	60°	0,33
140 901 82	80	32,0	50	47	18,0	7	7,0	67	6	6,2	60°	0,33
140 901 83	90	38,5	60	55	22,8	7	8,7	76	6	6,2	60°	0,98
140 901 84	110	45,5	70	65	27,0	8	10,5	94	6	8,2	60°	1,42
140 901 85	130	55,0	80	75	28,0	12	15,0	107	6	8,2	60°	2,85
140 901 86	170	73,0	100	95	33,0	17	23,0	140	6	10,2	60°	6,32
140 901 87	220	83,0	140	135	40,0	20	23,0	182	6	12,2	60°	13,28
140 901 88	245	93,0	160	155	43,0	25	25,0	205	6	16,5	60°	19,48



Allgemeine Beschreibung

Handelsübliche, konische geschlitzte Spannbuchse mit Passfedernut zur einfachen und schnellen Befestigung von Antriebselementen auf Wellen.

Ausführungen der Taper-Buchsen

Die Buchsen gibt es in verschiedenen Außenmaßen. Für jedes Außenmaß gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Bohrungsgrößen für verschiedene Wellendurchmesser. Die Buchsen werden immer mit Passfedernut DIN 6885 geliefert.

Bezeichnung

4-stellige Nummer zur Kennzeichnung der Außen-Abmessung sowie 2 bis 3-stellige Nummer (bzw. Zoll-Bezeichnung) zur Angabe der Bohrungsgröße.

Anzahl und Ausführung der Schrauben

Bis Größe 3030 zwei Stiftschrauben mit Innensechskant. Ab Größe 3525 drei Zylinderschrauben mit Innensechskant.

Anforderungen an das Antriebselement

Das zu befestigende Bauteil muss die entsprechende Buchsen-Aufnahme aufweisen (in Taper-Ausführung sein). Taper-Ausführungen sind bei Serienfertigung sinnvoll. Für Einzelanfertigungen ist die Verwendung von zylindrischen Spannbuchsen wirtschaftlicher. Diese sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich.

Lieferbare Antriebselemente

Mit Taper-Aufnahme sind eine Vielzahl von Kettenrädern, Keilriemenscheiben, Zahnriemenscheiben und Kupplungen aus Vorrat lieferbar.

Anforderungen an die Welle

Zylindrische Welle mit Durchmesser-Toleranz $+0,05\text{mm} / -0,125\text{ mm}$. Beste Ergebnisse werden mit ISO-Toleranz h6 erzielt. Bis Wellendurchmesser 100mm können aber auch kostengünstige gezogene Wellen mit Toleranz h9 verwendet werden.

Verwendung mit und ohne Passfeder

Durch die hohe Klemmkraft kann für mittlere Drehmomente auf die Passfeder verzichtet werden (z.B. bei Keilriemenscheiben). Bei Wellen mit Nut, aber ohne eingelegte Passfeder sind die Nuten von Welle und Buchse um 180 Grad versetzt zu montieren. Für höchste Drehmomente ist eine Welle mit Nut und Passfeder DIN 6885/1 zu verwenden (bei folgenden Größen ist eine flache Passfeder erforderlich: 1008-24, 1008-25, 1108-28, 1310-35, 1610-42, 1615-42, 2517-65).

Montage

- Alle Kontakt-Oberflächen reinigen und entfetten.
- Spannbuchse so in die Nabe einsetzen, das alle Bohrungen fluchten. Es muss jeweils eine halbe Gewindebohrung mit einer halben glatten Bohrung des Gegenstücks aneinander liegen.
- Befestigungsschrauben einölen und in die Gewinde des zu befestigenden Bauteils lose eindrehen.
- Passfeder in die Welle einlegen (falls Passfeder-Verwendung gewünscht).
- Das zu befestigende Bauteil zusammen mit der eingesetzten Buchse auf die Welle schieben.
Mit Passfeder: Nut auf die Passfeder ausrichten. Ohne Passfeder: Nut der Buchse um 180 Grad versetzt zur Wellennut ausrichten, falls eine Wellennut vorhanden ist.
- Buchse gegebenenfalls mit leichten Schlägen auf die gewünschte Position treiben.
- Befestigungsschrauben gleichmäßig bis zum maximalen Drehmoment anziehen (siehe Tabelle).
- Sitz der Buchse verbessern: Buchse mit leichten Hammerschlägen weiter in das zu befestigende Bauteil eintreiben (mit Holzklotz oder weicher Metallbuchse).
- Befestigungsschrauben mit dem maximalen Drehmoment nachziehen (siehe Tabelle). Alternativ kann die Buchse nach einer Betriebszeit von 30 bis 60 Minuten nachgezogen werden.
- Die leeren Löcher (Abziehbohrungen) zum Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern mit Fett füllen (je nach Größe sind ein oder zwei Abziehbohrungen vorhanden).

Demontage

- Schrauben lösen und ganz heraus drehen.
- Schrauben in die Gewindebohrungen der Buchse (Abziehbohrungen) eindrehen.
Je nach Größe sind ein oder zwei Abziehbohrungen vorhanden.
- Schrauben anziehen, bis sich das Antriebselement von der Buchse löst.
- Antriebselement und Buchse von der Welle abnehmen.
Die Buchse kann dazu mit einem Schlitzschraubendreher gespreizt werden (vorsichtig in den Schlitz der Buchse eintreiben).

Buchse Nr.	Schlüsselweite mm	Schrauben Anzahl	Gewindegröße Zoll	Anzugsdrehmoment		
				Nm	lb-ft	lb-in
1008	3	2	1/4-20" x 1/2"	5,6	4.1	50
1108	3	2	1/4-20" x 1/2"	5,6	4.1	50
1210	5	2	3/8-16" x 5/8"	20	14.8	177
1215	5	2	3/8-16" x 5/8"	20	14.8	177
1610	5	2	3/8-16" x 5/8"	20	14.8	177
1615	5	2	3/8-16" x 5/8"	20	14.8	177
2012	6	2	7/16-14" x 7/8"	30	22.1	266
2017	6	2	7/16-14" x 7/8"	30	22.1	266
2517	6	2	1/2-13" x 1"	50	36.9	443
2525	6	2	1/2-13" x 1"	50	36.9	443
3020	8	2	5/8-11" x 1 1/4"	90	66.4	800
3030	8	2	5/8-11" x 1 1/4"	90	66.4	800
3525	10	3	1/2-13" x 1 1/2"	90	66.4	800
3535	10	3	1/2-13" x 1 1/2"	90	66.4	800
4030	12	3	5/8-11" x 1 3/4"	170	125.4	1505
4040	12	3	5/8-11" x 1 3/4"	170	125.4	1505
4535	14	3	3/4-10" x 2"	190	140	1680
4545	14	3	3/4-10" x 2"	190	140	1680
5040	14	3	7/8-9" x 2 1/4"	270	200	2390
5050	14	3	7/8-9" x 2 1/4"	270	200	2390

Kugel-Stehlager SSUCP, Edelstahl

Werkstoff: Gehäuse aus Edelstahl 1.4301

(X5CrNi18-10, AISI 304).

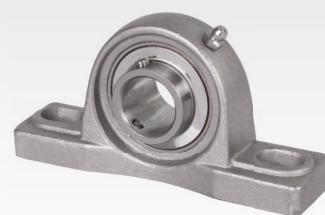
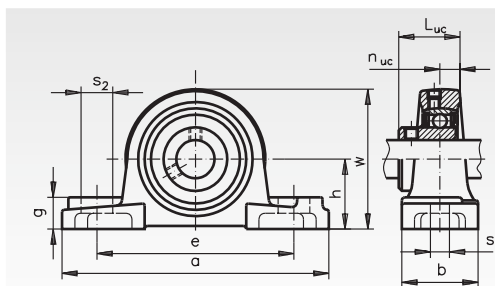
Lagereinsatz aus Edelstahl 1.4125

(X105CrMo17, AISI 440 C), gefettet mit Lebensmittelfett FM 222, mit Zulassung FDA, CIFA, KPF2K-20, NSF H1.



Der Lagereinsatz kann im Gehäuse geschwenkt werden, um Fluchtungsfehler bei der Montage auszugleichen. Die Welle wird mit 2 Stellschrauben befestigt. Das Lager ist für normale Betriebsverhältnisse lebensdauergeschmiert, kann aber nachgeschmiert werden.

Lieferung inkl. Edelstahl-Schmiernippel.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 625 991 12, Kugel-Stehlager SSUCP 201, Bohrung 12mm

Artikel-Nr. Edelstahl	SSUCP Nr.	Bohrung mm	h mm	a mm	e mm	b mm	s ₁ mm	s ₂ mm	g mm	w mm	L _{UC} mm	n _{UC} mm	Lager-Tragzahlen*		Gewicht kg
													dyn. C kN	stat. C ₀ kN	
625 991 12	201	12	33,3	127	95	38	13	19	15	65	31	12,7	12,8	6,7	0,84
625 991 15	202	15	33,3	127	95	38	13	19	15	65	31	12,7	12,8	6,7	0,82
625 991 17	203	17	33,3	127	95	38	13	19	15	65	31	12,7	12,8	6,7	0,81
625 991 20	204	20	33,3	127	95	38	13	19	15	65	31	12,7	12,8	6,7	0,81
625 991 25	205	25	36,5	140	105	38	13	16	16	70	34	14,3	14,0	7,9	0,99
625 991 30	206	30	42,9	163	121	48	17	21	18	83	38,1	15,9	19,5	11,3	1,62
625 991 35	207	35	47,6	167	127	48	17	21	19	94	42,9	17,5	25,7	15,3	2,08
625 991 40	208	40	49,2	184	137	54	17	25	19	100	49,2	19	29,5	18,2	2,65
625 991 45	209	45	54,0	190	146	54	17	22	20	108	49,2	19	31,7	20,7	2,90
625 991 50	210	50	57,2	206	159	60	20	25	22	114	51,6	19	35,1	23,2	2,59

* Max. radiale Belastbarkeit bei Axialkraft = 0.

Die axiale Tragzahl beträgt ca. 20% der radialen Tragzahl.

Kugel-Stehlager SSBPP (Stahlblech zweiteilig), Edelstahl

Werkstoff: Gehäuse aus Edelstahlblech, 2-teilig,

1.4301 (X5CrNi18-10, AISI 304).

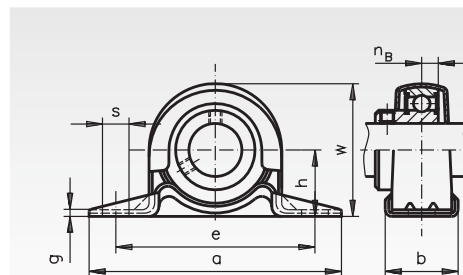
Lagereinsatz aus Edelstahl 1.4125

(X105CrMo17, AISI 440 C), gefettet mit Lebensmittelfett FM 222, mit Zulassung FDA, CIFA, KPF2K-20, NSF H1.



Der Lagereinsatz kann im Gehäuse geschwenkt werden, um Fluchtungsfehler bei der Montage auszugleichen. Die Welle wird mit 2 Stellschrauben befestigt. Das Lager ist für normale Betriebsverhältnisse lebensdauergeschmiert.

Eine Nachschmiermöglichkeit ist nicht vorhanden.



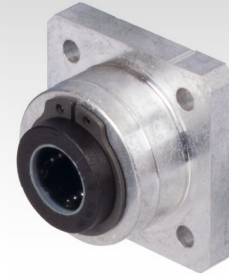
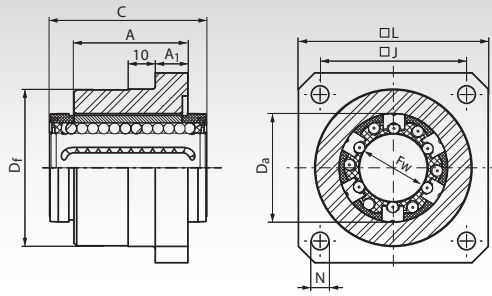
Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 625 992 12, Kugel-Stehlager SSBPP 201, Bohrung 12mm

Artikel-Nr.	SSBPP Nr.	Bohrung mm	h mm	a mm	e mm	b mm	s mm	g mm	w mm	n _B mm	zul. Gehäuse- belastung kN	Lager-Tragzahlen*		Gewicht kg
												dyn. C kN	stat. C ₀ kN	
625 992 12	201	12	22,2	86	68	25	9,5	3,5	43,8	6	2,16	9,6	4,8	0,19
625 992 15	202	15	22,2	86	68	25	9,5	3,5	43,8	6	2,16	9,6	4,8	0,19
625 992 17	203	17	22,2	86	68	25	9,5	3,5	43,8	6	2,16	9,6	4,8	0,19
625 992 20	204	20	25,4	98	76	32	9,5	3,5	50,5	7	2,62	12,9	6,7	0,23
625 992 25	205	25	28,6	108	86	32	11,5	4	56,6	7,5	3,72	14,0	7,9	0,32
625 992 30	206	30	33,3	117	95	38	11,5	4	66,3	8	4,41	19,5	11,3	0,50
625 992 35	207	35	39,7	130	106	42	11	5	78	8,5	4,90	25,7	15,3	0,60

* Max. radiale Belastbarkeit bei Axialkraft = 0. Die Gehäusebelastung ist zu beachten.

Die axiale Tragzahl beträgt ca. 20% der radialen Tragzahl.

Linearkugellagereinheiten KG-3-F ISO-Serie 3, Flanschausführung, mit geschlossenem Linearkugellager



Werkstoff: Stranggepresstes Aluminiumgehäuse mit sauber gefräster Auflagefläche und präzisiertem Passungsdurchmesser. Mit einem geschlossenen Marken-Linearkugellager der ISO-Serie 3 in hoher Qualität. Mit selbsttätigem Fluchtungsfehler-Ausgleich (Winkelausgleich) und Doppellippendichtungen.

Die Lager sind einbaufertig befüllt.
Empfohlene Wellentoleranz h6.

Ersatz-Linearkugellager siehe Seite 491.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 646 712 06, Linearkugellager KG-3-F, Flanschausführung, Innen-Ø 12 mm

Artikel-Nr.	F _w mm	A mm	A ₁ mm	C mm	D _a mm	D _f ^{g7} mm	J mm	L mm	N mm	Tragzahlen		Gewicht g
										dyn. C N	stat. C ₀ N	
646 712 06	12	22	6	32	22	32	30	40	5,5	1020	1290	90
646 716 06	16	24	8	36	26	38	35	50	5,5	1250	1550	120
646 720 06	20	30	10	45	32	46	42	60	6,6	2090	2630	250
646 725 06	25	42	12	58	40	58	54	70	6,6	3780	4720	490
646 730 06	30	50	14	68	47	66	60	80	9	5470	6810	780
646 740 06	40	59	16	80	62	90	78	100	11	6590	8230	1280

Wellenstahl Seite 478. Wellenböcke Seite 487.

Drehstrom-Normmotoren SM/I, mit Käfigläufer, für 230/400 V, 50 Hz, Schutzart IP 55, Isolationsklasse F

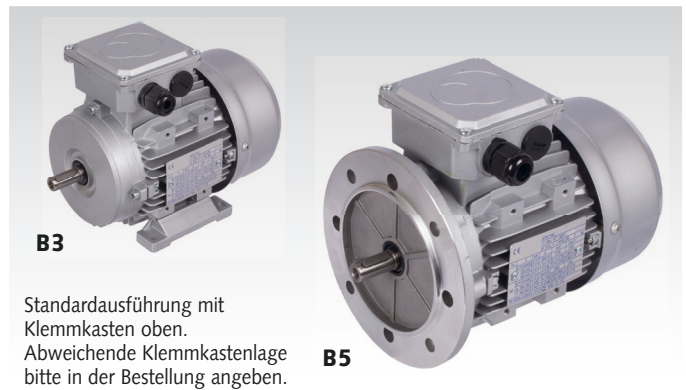
Die Motoren entsprechen den Empfehlungen IEC 72. Elektrische Charakteristiken nach VDE 0530 und Empfehlung IEC 34-1, Rippengehäuse aus Alu-Druckguss. Lagerschilder aus Alu-Druckguß. Von den Drehrichtungen unabhängige Eigenbelüftung, Radiallüfter aus Kunststoff, Lüfterhaube aus Stahlblech.

Die Nennleistung gilt für Dauerbetrieb bei einer Frequenz von 50 Hz, einer maximalen Umgebungstemperatur von 40°C und einer Aufstellhöhe bis 1000 m über N.N.

Ab 0,75 kW in Effizienzklasse IE2 (nur 2-6 polige Motoren).

Auf Anfrage Sonderausführungen: Mit abnormaler Spannung und Frequenz, polumschaltbar, mit elektromagnetischer Gleichstrom-Federdruck-Scheibenbremse.

Bestellangaben: z.B.: Typenbezeichnung, Bauform, Artikel-Nr.



2-polig ca. 3000 min ⁻¹													
Bauform B3 Artikel-Nr.	Bauform B5 Artikel-Nr.	Baugröße	Nenn- Leistung kW	Nenn- Drehzahl min ⁻¹	J kgm ²	η bei Drehzahl 4/4n 3/4n 2/4n %	Leistungs- faktor cos φ	Strom bei 400V A	Nenn- moment T _n [Nm]	Anlauf- drehmom. T _a /T _n	Anlass- strom I _d /I _n	max.Dreh- moment T _{max} /T _n	Gewicht B3 kg
430 004 00	430 024 00	63	0,25	2710	0,00024	65 / - / -	0,78	0,71	0,88	2,2	6,0	2,4	4,4
430 005 00	430 025 00	71	0,37	2730	0,00035	65 / - / -	0,79	0,97	1,3	2,2	6,0	2,4	5,6
430 006 00	430 026 00	71	0,55	2760	0,00052	65 / - / -	0,79	1,42	1,9	2,2	6,0	2,4	6,1
430 007 00	430 027 00	80	0,75	2840	0,00073	77,4 / 77,4 / 74,3	0,80	1,75	2,5	2,9	5,8	3,3	8,7
430 008 00	430 028 00	80	1,1	2850	0,00090	79,6 / 79,5 / 77,0	0,82	2,42	3,7	3,5	6,8	3,6	10,5
430 009 00	430 029 00	90 S	1,5	2850	0,00125	81,3 / 81,2 / 78,8	0,83	3,20	5,0	3,5	6,9	3,6	13,1
430 010 00	430 030 00	90 L	2,2	2860	0,00145	83,2 / 83,4 / 81,4	0,84	4,54	7,4	4,1	7,9	4,1	15,0
430 011 00	430 031 00	100 L	3	2880	0,00310	84,6 / 84,2 / 82,0	0,87	5,88	9,9	3,4	7,8	3,4	24,2
430 012 00	430 032 00	112 M-T	4	2890	0,00550	85,8 / 85,8 / 83,9	0,89	7,54	13,2	2,7	7,5	3,3	25,8
430 013 00	430 033 00	132 S	5,5	2900	0,01040	87,0 / 87,6 / 86,6	0,89	10,20	18,1	2,4	7,7	3,0	43,8

4-polig ca. 1500 min ⁻¹													
Bauform B3 Artikel-Nr.	Bauform B5 Artikel-Nr.	Baugröße	Nenn- Leistung kW	Nenn- Drehzahl min ⁻¹	J kgm ²	η bei Drehzahl 4/4n 3/4n 2/4n %	Leistungs- faktor cos φ	Strom bei 400V A	Nenn- moment T _n [Nm]	Anlauf- drehmom. T _a /T _n	Anlass- strom I _d /I _n	max.Dreh- moment T _{max} /T _n	Gewicht B3 kg
430 043 00	430 063 00	63	0,18	1350	0,0003	59 / - / -	0,65	0,68	1,3	2,2	6,0	2,4	4,3
430 044 00	430 064 00	71	0,25	1350	0,0007	60 / - / -	0,72	0,84	1,8	2,2	6,0	2,4	5,4
430 045 00	430 065 00	71	0,37	1370	0,0010	65 / - / -	0,74	1,11	2,6	2,2	6,0	2,4	6,2
430 046 00	430 066 00	80	0,55	1370	0,0020	67 / - / -	0,75	1,58	3,7	2,2	6,0	2,4	9,0
430 047 00	430 067 00	80	0,75	1410	0,0022	79,6 / 80,6 / 79,1	0,76	1,79	5,1	2,8	5,3	3,0	10,5
430 048 00	430 068 00	90 S	1,1	1420	0,0024	81,4 / 82,0 / 80,1	0,78	2,50	7,4	3,8	6,7	2,6	14,5
430 049 00	430 069 00	90 L	1,5	1420	0,0030	82,8 / 83,3 / 81,4	0,79	3,31	10,1	4,0	7,2	2,7	17,6
430 050 00	430 070 00	100 L	2,2	1440	0,0056	84,3 / 84,4 / 82,5	0,78	4,83	14,6	3,6	7,4	3,6	20,0
430 051 00	430 071 00	100 L	3	1440	0,0069	85,5 / 85,7 / 84,0	0,80	6,33	19,9	3,8	7,8	3,5	21,1
430 052 00	430 072 00	112 M-T	4	1440	0,0097	86,6 / 87,2 / 86,2	0,81	8,23	26,5	3,1	7,1	2,9	30,8
430 053 00	430 073 00	132 S	5,5	1450	0,0221	87,7 / 88,1 / 87,2	0,83	10,90	36,2	2,6	7,4	2,7	43,0

6-polig ca. 1000 min ⁻¹													
Bauform B3 Artikel-Nr.	Bauform B5 Artikel-Nr.	Baugröße	Nenn- Leistung kW	Nenn- Drehzahl min ⁻¹	J kgm ²	η bei Drehzahl 4/4n 3/4n 2/4n %	Leistungs- faktor cos φ	Strom bei 400V A	Nenn- moment T _n [Nm]	Anlauf- drehmom. T _a /T _n	Anlass- strom I _d /I _n	max.Dreh- moment T _{max} /T _n	Gewicht B3 kg
430 104 00	430 124 00	71	0,25	900	0,0013	59 / - / -	0,70	0,87	2,65	2,1	4,0	2,2	6,5
430 105 00	430 125 00	80	0,37	900	0,0016	62 / - / -	0,70	1,23	3,93	1,9	4,0	1,9	8,2
430 106 00	430 126 00	80	0,55	900	0,0026	67 / - / -	0,72	1,65	5,84	2,0	4,0	2,3	9,9
430 107 00	430 127 00	90 S	0,75	925	0,0031	75,9 / 75,0 / 70,5	0,71	2,01	7,7	3,1	4,7	3,1	12,1
430 108 00	430 128 00	90 L	1,1	930	0,0038	78,1 / 78,1 / 75,2	0,72	2,82	11,3	3,2	5,0	3,2	16,6
430 109 00	430 129 00	100 L	1,5	940	0,0075	79,8 / 80,0 / 77,6	0,73	3,71	15,2	3,1	5,9	2,9	21,8
430 110 00	430 130 00	112 M-T	2,2	945	0,0143	81,8 / 82,5 / 81,0	0,75	5,17	22,2	2,6	5,5	2,8	29,5
430 111 00	430 131 00	132 S	3	960	0,0238	83,3 / 84,4 / 83,5	0,76	6,84	29,8	2,2	5,7	2,7	35,0
430 112 00	430 132 00	132 M	4	960	0,0321	84,6 / 85,3 / 84,1	0,77	8,86	39,8	2,4	6,2	2,7	49,7
430 113 00	430 133 00	132 M	5,5	960	0,0436	86,0 / 86,4 / 85,3	0,77	12,0	54,7	2,6	6,7	2,7	54,7

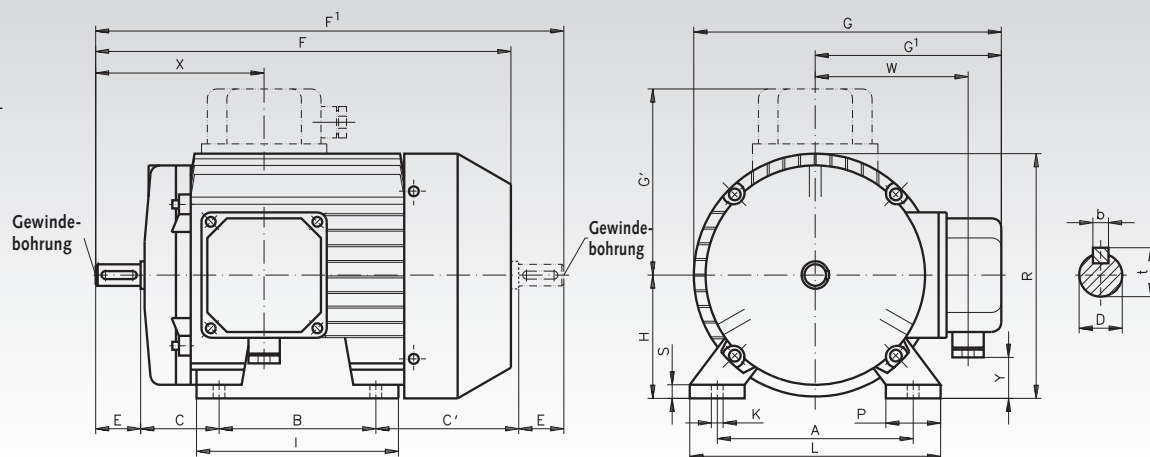
8-polig ca. 750 min ⁻¹													
Bauform B3 Artikel-Nr.	Bauform B5 Artikel-Nr.	Baugröße	Nenn- Leistung kW	Nenn- Drehzahl min ⁻¹	J kgm ²	η bei 4/4n %	Leistungs- faktor cos φ	Strom bei 400V A	Nenn- moment T _n [Nm]	Anlauf- drehmom. T _a /T _n	Anlass- strom I _d /I _n	max.Dreh- moment T _{max} /T _n	Bauform B3 kg
430 144 00	430 164 00	80	0,25	680	0,00254	56	0,61	1,06	3,5	1,6	2,7	2,0	10,9
430 145 00	430 165 00	90 S	0,37	680	0,00242	63	0,63	1,35	5,2	1,6	2,8	1,8	14,8
430 146 00	430 166 00	90 L	0,55	680	0,00320	66	0,65	1,85	7,7	1,6	3,0	1,8	17,2
430 147 00	430 167 00	100 L	0,75	710	0,00519	66	0,67	2,45	10,1	1,7	3,5	2,1	17,5
430 148 00	430 168 00	100 L	1,1	710	0,00668	72	0,69	3,20	14,8	1,7	3,5	2,1	19,7
430 149 00	430 169 00	112 M-T	1,5	710	0,01220	74	0,68	4,30	20,2	1,8	4,2	2,1	25,6
430 150 00	430 170 00	132 S	2,2	720	0,01940	75	0,71	5,96	29,2	2,0	5,5	2,0	35,5
430 151 00	430 171 00	132 M	3	720	0,03430	77	0,73	7,70	39,8	2,0	5,5	2,0	45,0

Andere Motorleistungen und Bauform B14 kurzfristig lieferbar.

Motor-Spannschienen siehe Seite 695.

Maßtabelle Drehstrom-Normmotoren SM/I, Bauform B3

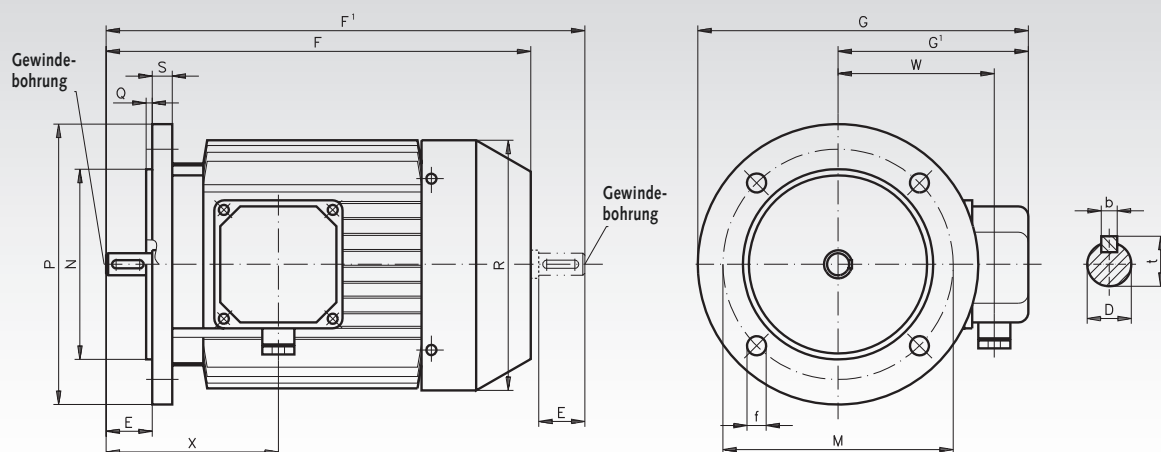
Standardausführung mit Klemmkasten oben.
Abweichende Klemmkastenlage bitte in Bestellung angeben.



Klemmkastenlage:
Standard obenliegend (entgegen der Zeichnung).

Bau- größe	A	B	C	D	E	F	G	H ⁺⁰ _{-0.5}	K	I	L	P	R	S	C1	F1	G1	X	Y	W	b	t	PG-Ver- schraub.	Gewinde- bohrung
63	100	80	40	11 ^{j6}	23	212	158	63	6	103	128	28	125	7	73	239	113	86	18	68	4	12,5	Pg11	M4x0,7
71	112	90	45	14 ^{j6}	30	238	185	71	7	101	137	24	144	10	85,5	280	125	111	20	88	5	16	Pg11	M5x0,8
80	125	100	50	19 ^{j6}	40	274	210	80	9	122	155	30	164	10	93,5	323	133	113	30	96	6	21,5	Pg11	M6x1
90S	140	100	56	24 ^{j6}	50	297	230	90	10	125	175	34	180	12	118	374	148	134	30	115	8	27	Pg13.5	M8x1,25
90L	140	125	56	24 ^{j6}	50	322	230	90	10	150	175	34	180	12	118	399	148	134	30	115	8	27	Pg13.5	M8x1,25
100L	160	140	63	28 ^{j6}	60	361	253	100	12	173	198	37	205	14	107	430	156	160	35	123	8	31	Pg13.5	M10x1,5
112M-T	190	140	70	28 ^{j6}	60	361	265	112	12	178	224	38	217	15	100	430	173	160	47	123	8	31	Pg13.5	M10x1,5
132S	216	140	89	38 ^{k6}	80	470	328	132	13	225	258	50	264	19	167	556	189	198	50	162	10	41	Pg21	M12x1,75
132M	216	178	89	38 ^{k6}	80	496	328	132	13	225	258	50	264	19	173	600	189	198	50	162	10	41	Pg21	M12x1,75

Maßtabelle Drehstrom-Normmotoren SM/ I, Bauform B5



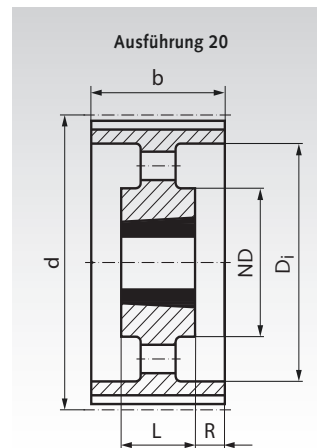
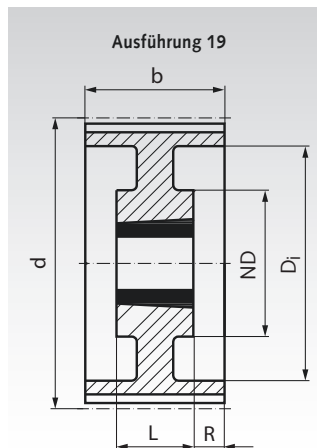
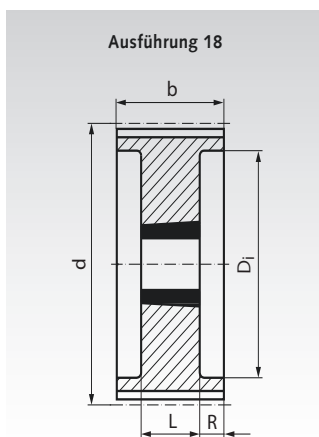
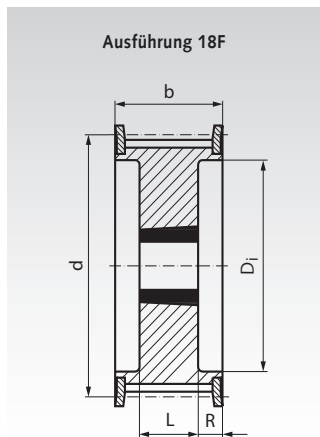
Bau- größe	D	E	F	f	G	M	N	P	Q	R	S	Flansch- bohr.*	F1	G1	X	W	b	t	PG-Ver- schraub.	Gewinde- bohrung
63	11 ^{j6}	23	212	9,5	165	115	95 ^{j6}	140	3	125	10	4	239	113	86	68	4	12,5	Pg11	M4x0,7
71	14 ^{j6}	30	238	9,5	195	130	110 ^{j6}	160	3,5	148	10	4	280,5	125	111	88	5	16	Pg11	M5x0,8
80	19 ^{j6}	40	274	11,5	226	165	130 ^{j6}	200	3,5	170	12	4	323,4	133	113	96	6	21,5	Pg11	M6x1
90S	24 ^{j6}	50	297	11,5	242	165	130 ^{j6}	200	3,5	185	12	4	374	148	134	115	8	27	Pg13.5	M8x1,25
90L	24 ^{j6}	50	322	11,5	242	165	130 ^{j6}	200	3,5	185	12	4	399	148	134	115	8	27	Pg13.5	M8x1,25
100L	28 ^{j6}	60	361	14	280	215	180 ^{j6}	250	4	210	14	4	430	173	160	123	8	31	Pg13.5	M10x1,5
132S	38 ^{k6}	80	470	14	350	265	230 ^{j6}	300	4	260	14	4	556	189	198	162	10	41	Pg21	M12x1,75
132M	38 ^{k6}	80	496	14	350	265	230 ^{j6}	300	4	260	14	4	600	189	198	162	10	41	Pg21	M12x1,75

* Anzahl der Flanschbohrungen.

HTD-Zahnriemenräder, Profil 8M für Taper-Spannbuchsen



Werkstoff: Bis Zz = 72 Stahl phosphatiert, ab Zz = 80 Grauguss GG20 phosphatiert.



Zahnriemenbreite 85 mm

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 174 775 17, Taper-Zahnscheibe, 8M, 34 Zähne für Breite 85 mm

Artikel-Nr. 85mm	Zähne- zahl	Aus- führung	Außen-Ø		d mm	ND mm	Di mm	b mm	L mm	R mm	Spann- buchsentyp Seite 158	Bohrungs-Ø		Gewicht kg
			Zahnscheibe mm	Bordscheibe mm								min. mm	max. mm	
174 775 17	34	18F	85,22	91	86,58	-	65	95	38	28,5	1615	12	42	1,43
174 775 18	36	18F	90,30	97	91,67	-	68	95	38	28,5	1615	12	42	1,87
174 775 19	38	18F	95,39	102	96,77	-	72	95	38	28,5	1615	12	42	2,20
174 775 20	40	18F	100,49	106	101,86	-	80	95	32	31,5	2012	12	50	1,80
174 775 22	44	18F	110,67	120	112,05	-	86	95	32	31,5	2012	12	50	2,30
174 775 24	48	18F	120,86	128	122,23	-	97	95	45	25	2517	15	65	2,66
174 775 28	56	18F	141,23	150	142,60	-	116	95	45	25	2517	15	65	4,45
174 775 32	64	18F	161,60	168	162,97	-	136	95	45	25	2517	15	65	6,20
174 775 36	72	18F	181,97	192	183,35	-	150	95	51	22	3020	20	75	8,00
174 775 40	80	18	202,35	-	203,72	-	180	95	51	22	3020	20	75	10,00
174 775 45	90	18	227,81	-	229,18	-	204	95	51	22	3020	20	75	10,80
174 775 56	112	19	283,83	-	285,21	170	254	95	51	22	3020	20	75	15,00
174 775 72	144	19	365,32	-	366,69	198	336	95	65	15	3525	35	90	20,00
174 775 84	168	20	426,44	-	427,81	198	395	95	65	15	3525	35	90	22,00
174 775 96	192	20	487,55	-	488,92	198	455	95	65	15	3525	35	90	26,00

Passende Taper-Spannbuchsen siehe Seite 158.
Montageanleitung siehe Seite 824.

Platten

Platten ergänzen das Lieferprogramm der Normreihen. Für den Einsatz gelten die Anwendungsbeschreibungen und Einbauhinweise gleichermaßen. Sie finden in Bereichen des konstruktiven Maschinen-, Werkzeug- und Anlagenbaus Verwendung.

Platten

EFFBE CR/SBR 65 (65 Shore A)

EFFBE Urelast UN 80 (80 Shore A)

EFFBE Urelast U 90 (92 Shore A)

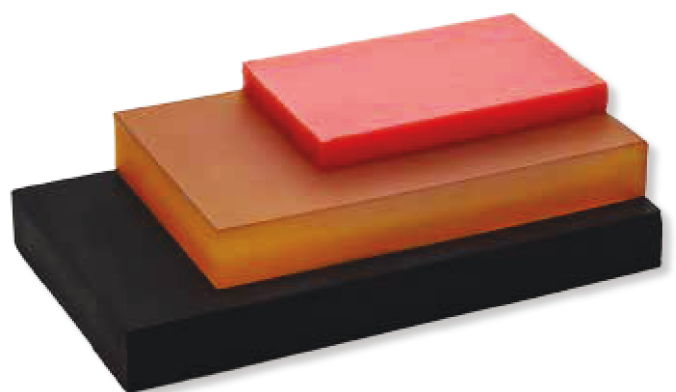
Plattenmaterial unter anderem für Tiefzieharbeiten, zum Abkanten, Ausbauchen und Schneiden von Blechen. Ausgangsmaterial für Konstruktionsteile und Prototypen. Nach Kundenvorgabe wird Plattenmaterial auch als Zuschnitt geliefert.

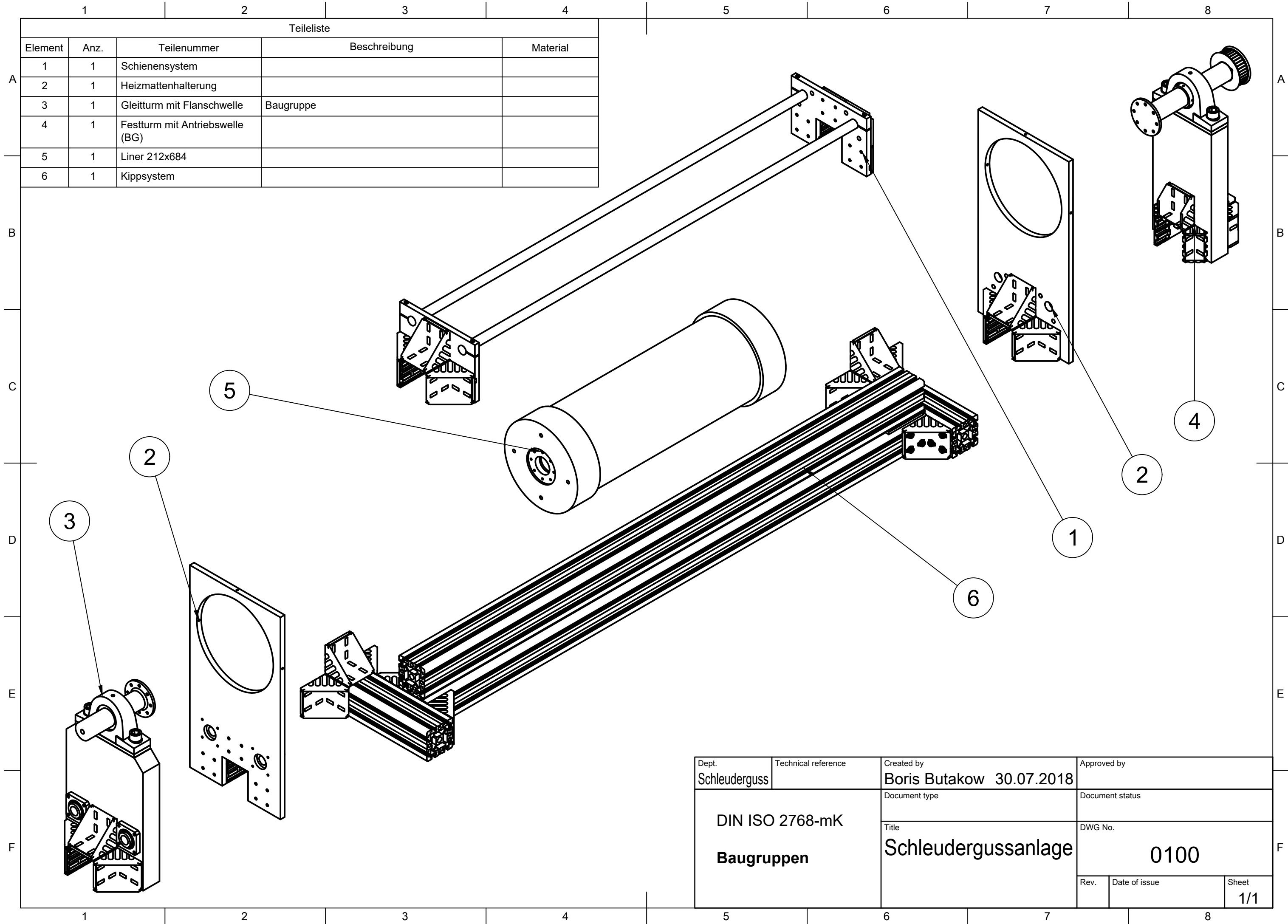
EFFBE CR/SBR 65		EFFBE Urelast UN 80		EFFBE Urelast U 90	
h	Art.-Nr.	h	Art.-Nr.	h	Art.-Nr.
3	–	3	* FB78100031	3	* FB78100032
4	FB77000043	4	–	4	–
5	–	5	* FB78100051	5	* FB78100052
6	FB77000063	6	–	6	–
8	FB77000083	8	* FB78100081	8	* FB78100082
10	FB77000103	10	FB78000101	10	FB78000102
12,5	–	12,5	FB78000121	12,5	FB78000122
15	FB77000153	15	FB78000151	15	FB78000152
20	FB77000203	20	FB78000201	20	FB78000202
25	FB77000253	25	FB78000251	25	FB78000252
30	FB77000303	30	FB78000301	30	FB78000302
35	–	35	FB78000351	35	FB78000352
40	FB77000403	40	FB78000401	40	FB78000402
50	FB77000503	50	FB78000401	50	FB78000402
60	FB77000603	60	FB78000601	60	FB78000602
70	FB77000703	70	–	70	–
75	–	75	* FB78000751	75	* FB78000752

h in mm
Format: 1000x1000 mm
* 500x1000 mm

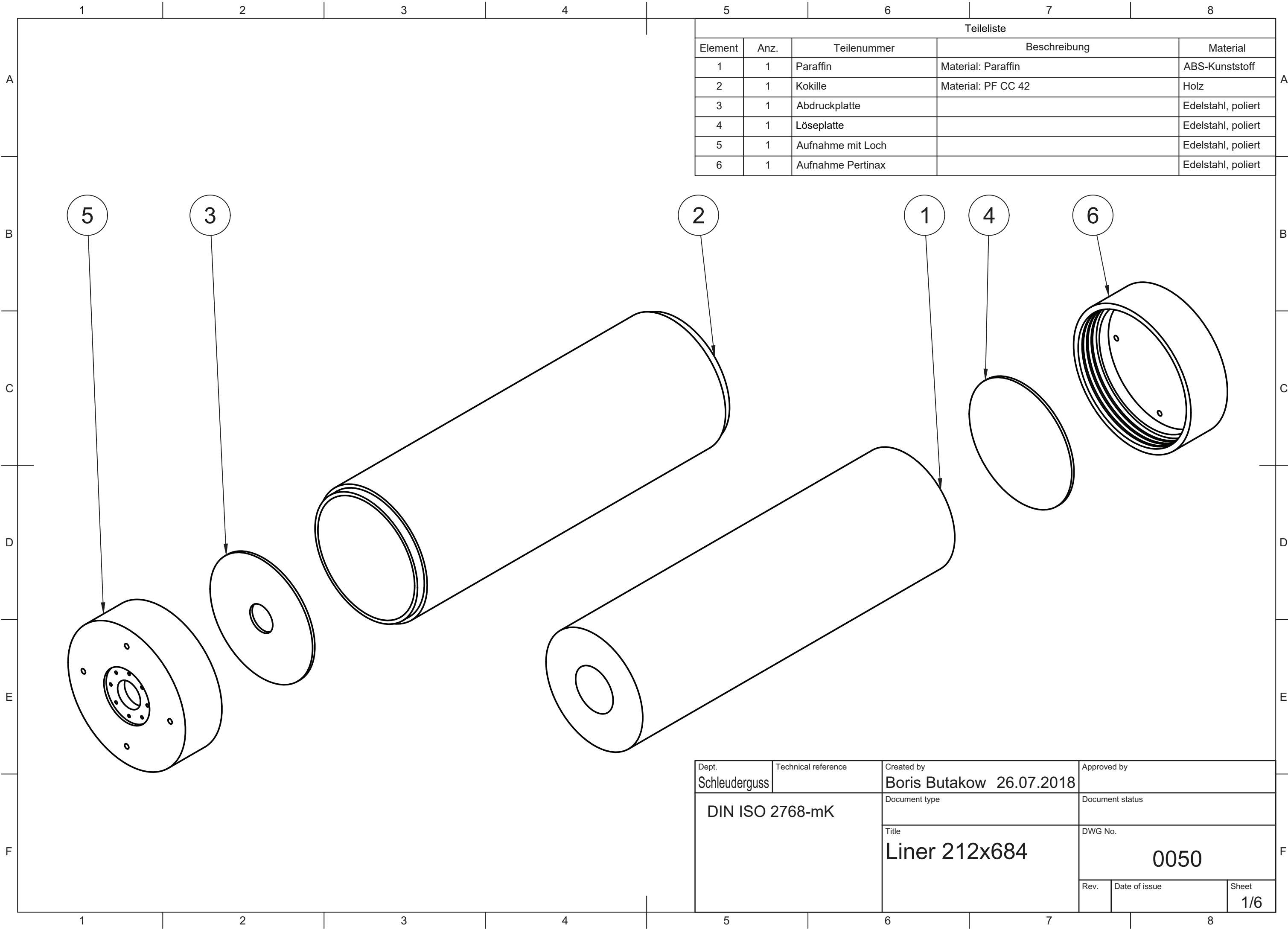
Die wesentlichsten physikalischen Eigenschaften von Qualität EFFBE CR/SBR 65

Eigenschaften		
Härte Shore A DIN ISO 7619-1	Shore A	65 ± 5
Farbe		schwarz
Dichte	g / cm ³	1,4
Temperaturbereich	°C	–20 bis +70
Reißfestigkeit DIN 53 504	N / mm ²	5
Reißdehnung DIN 53 504	%	250



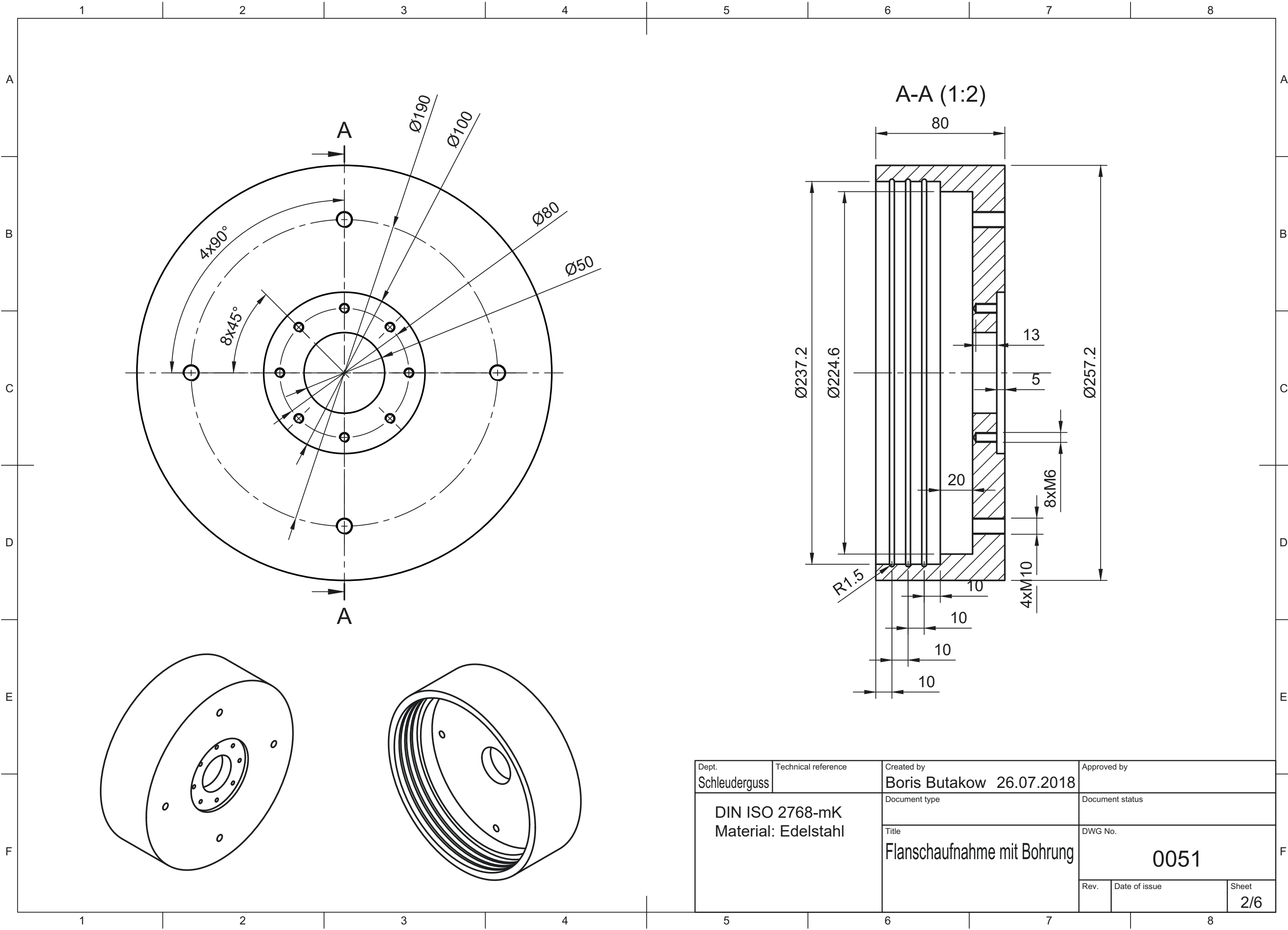


Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 30.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Baugruppen		Document type	Document status	
		Title Schleudergussanlage	DWG No. 0100	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

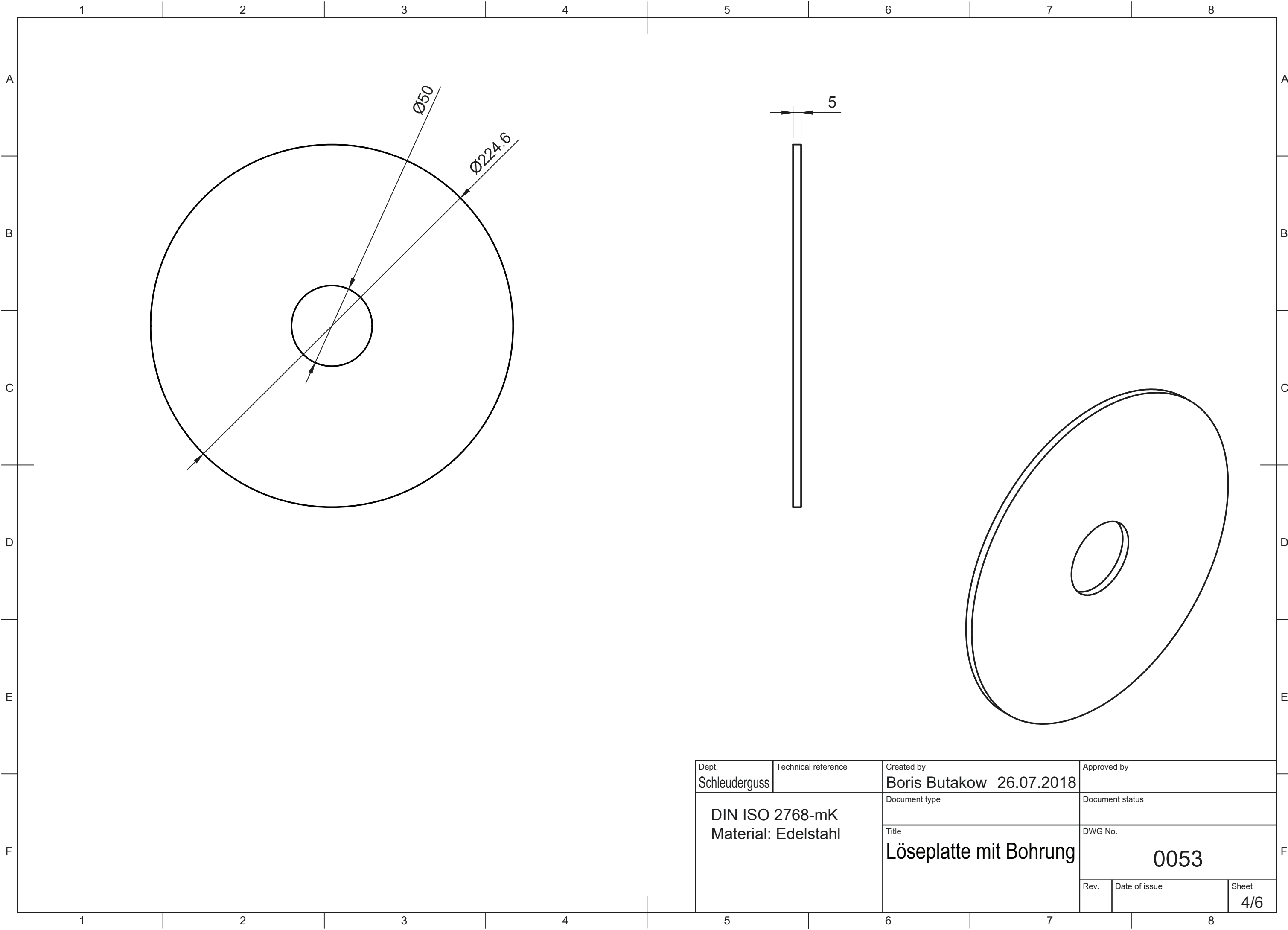


Teilleiste				
Element	Anz.	Teilenummer	Beschreibung	Material
1	1	Paraffin	Material: Paraffin	ABS-Kunststoff
2	1	Kokille	Material: PF CC 42	Holz
3	1	Abdruckplatte		Edelstahl, poliert
4	1	Löseplatte		Edelstahl, poliert
5	1	Aufnahme mit Loch		Edelstahl, poliert
6	1	Aufnahme Pertinax		Edelstahl, poliert

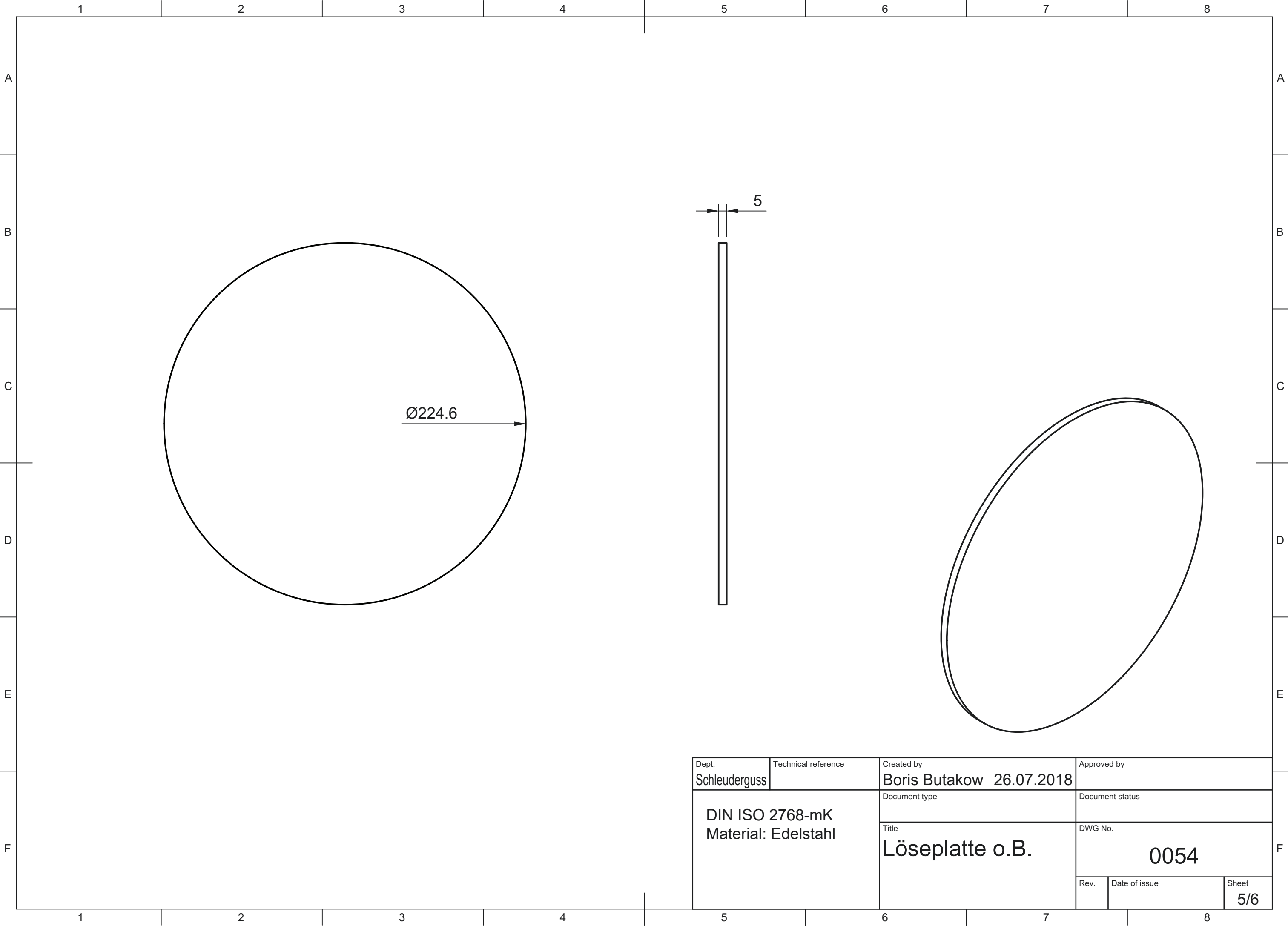
Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK		Document type	Document status	
		Title Liner 212x684	DWG No. 0050	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/6



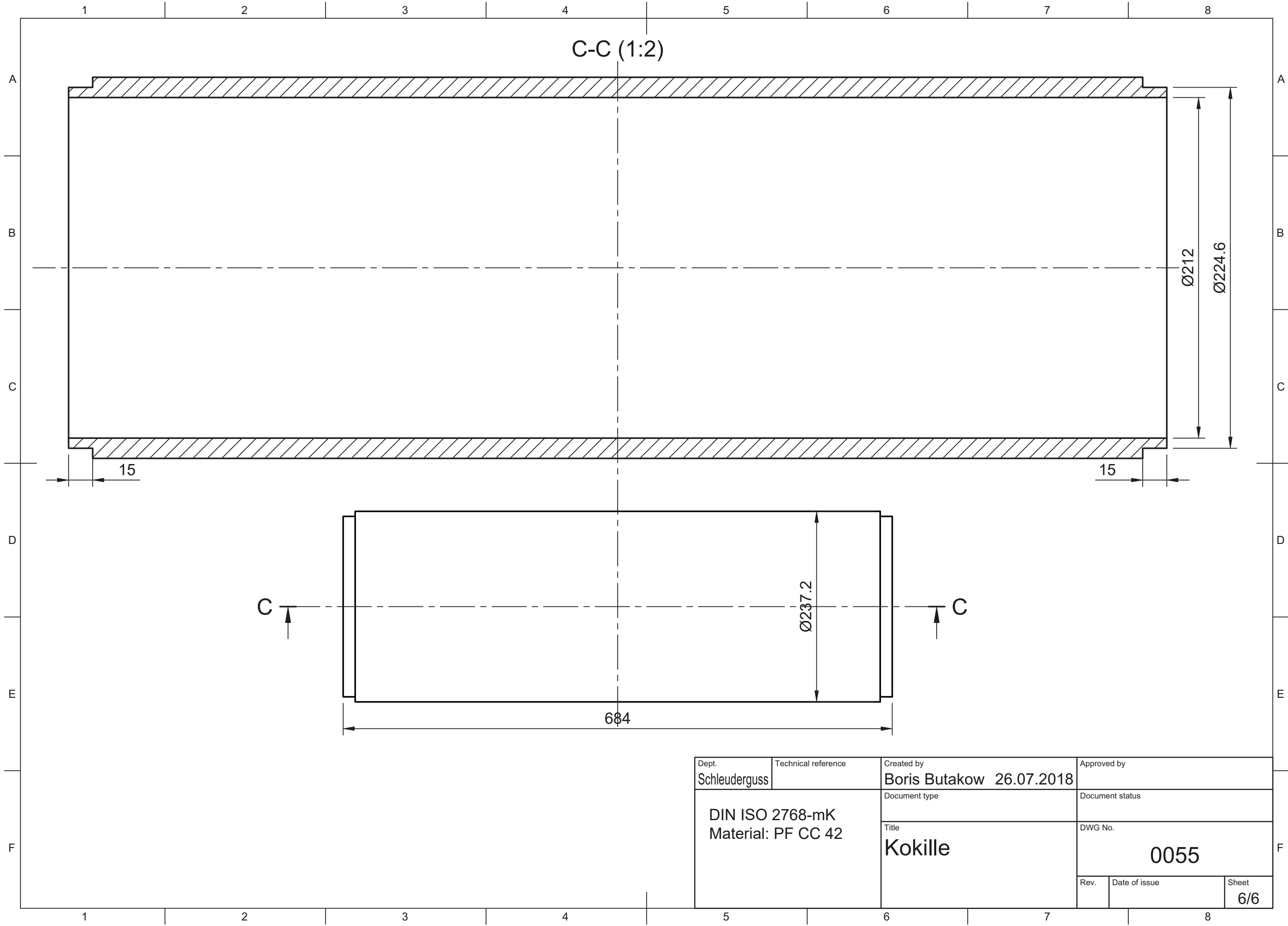
Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl		Document type	Document status	
		Title Flanschaufnahme mit Bohrung	DWG No. 0051	
		Rev.	Date of issue	Sheet 2/6

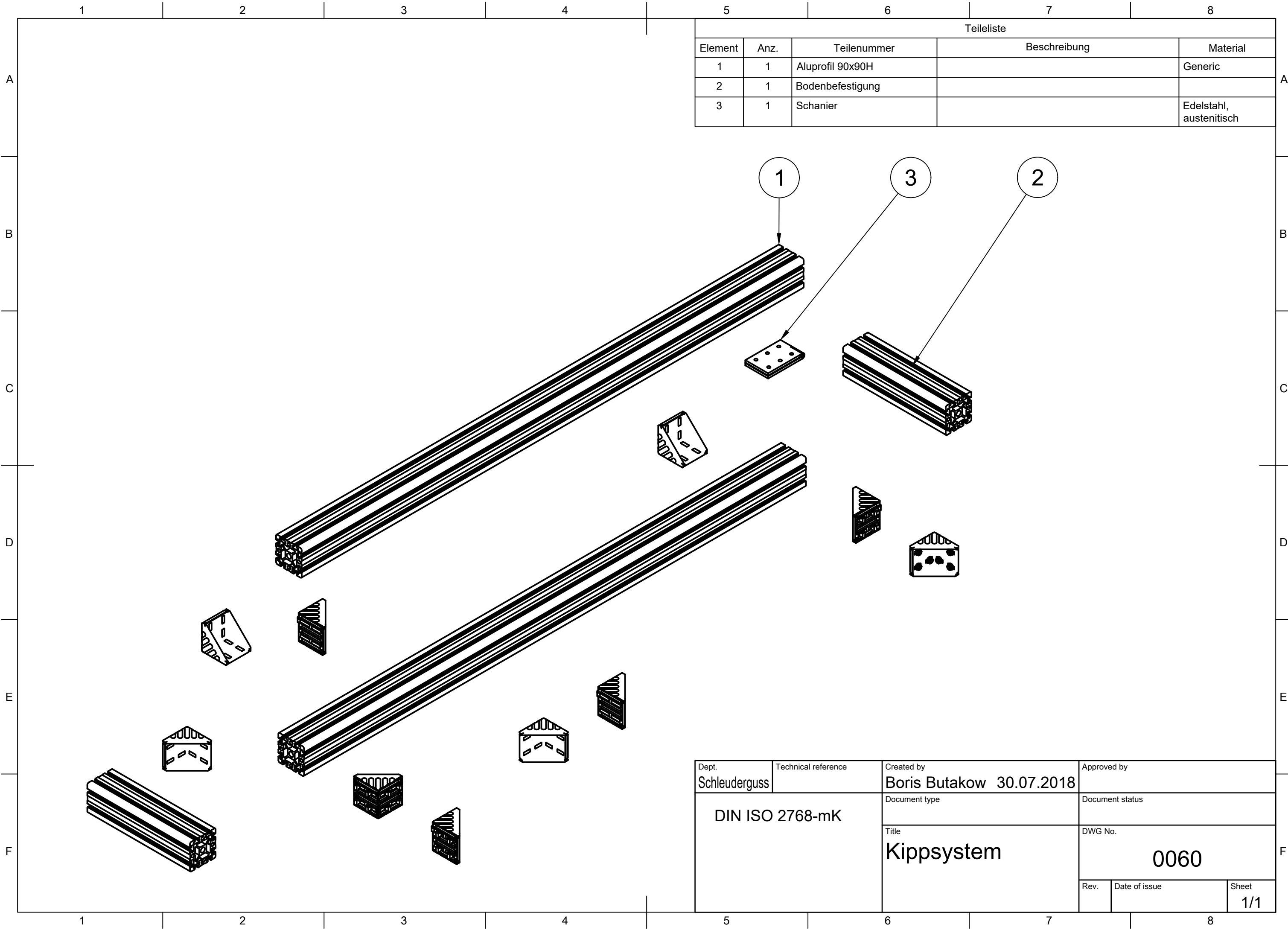


Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl		Document type	Document status	
		Title Löseplatte mit Bohrung	DWG No. 0053	
		Rev.	Date of issue	Sheet 4/6



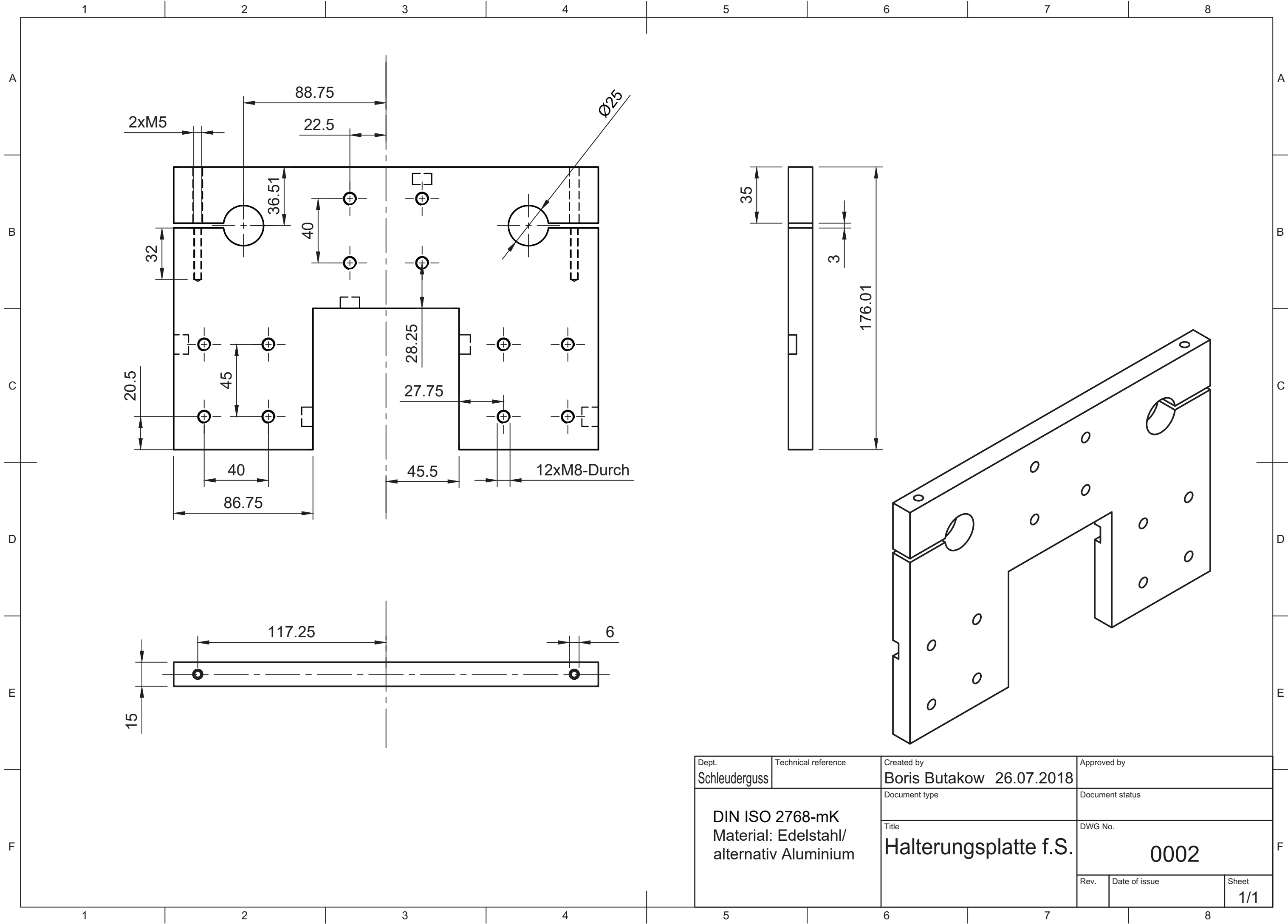
Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl		Document type	Document status	
		Title Löseplatte o.B.	DWG No. 0054	
		Rev.	Date of issue	Sheet 5/6



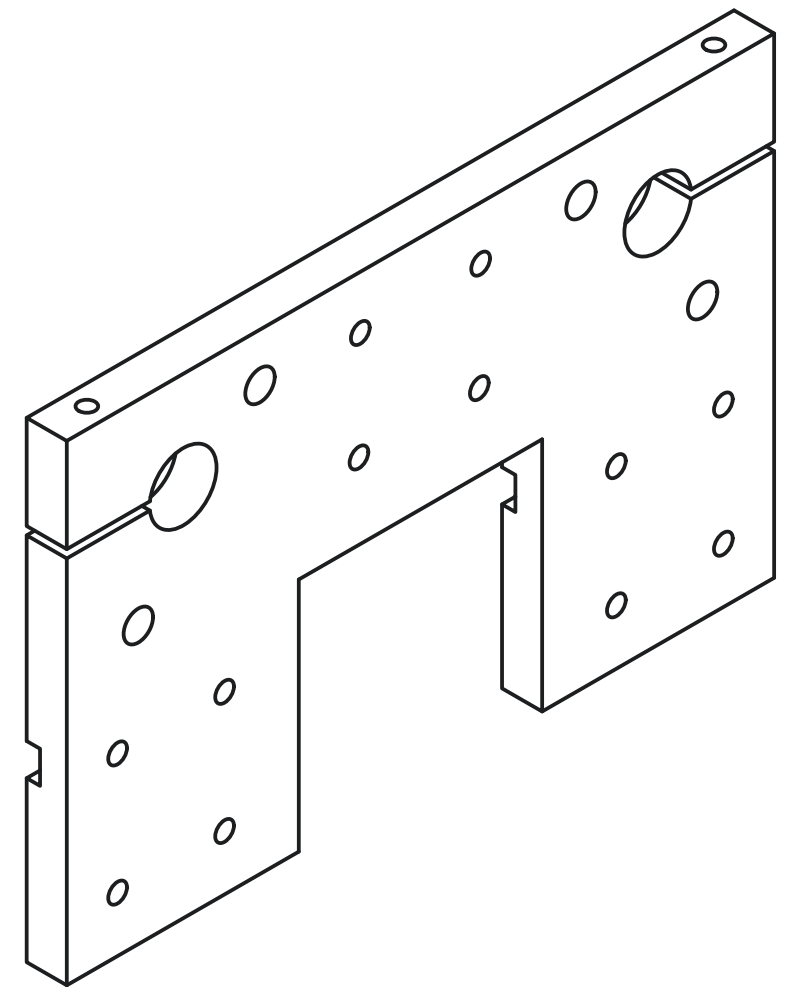
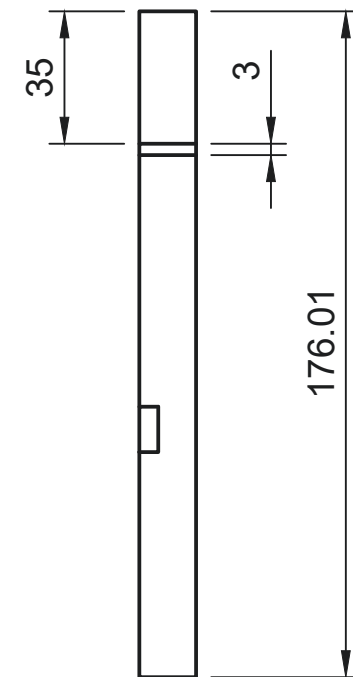
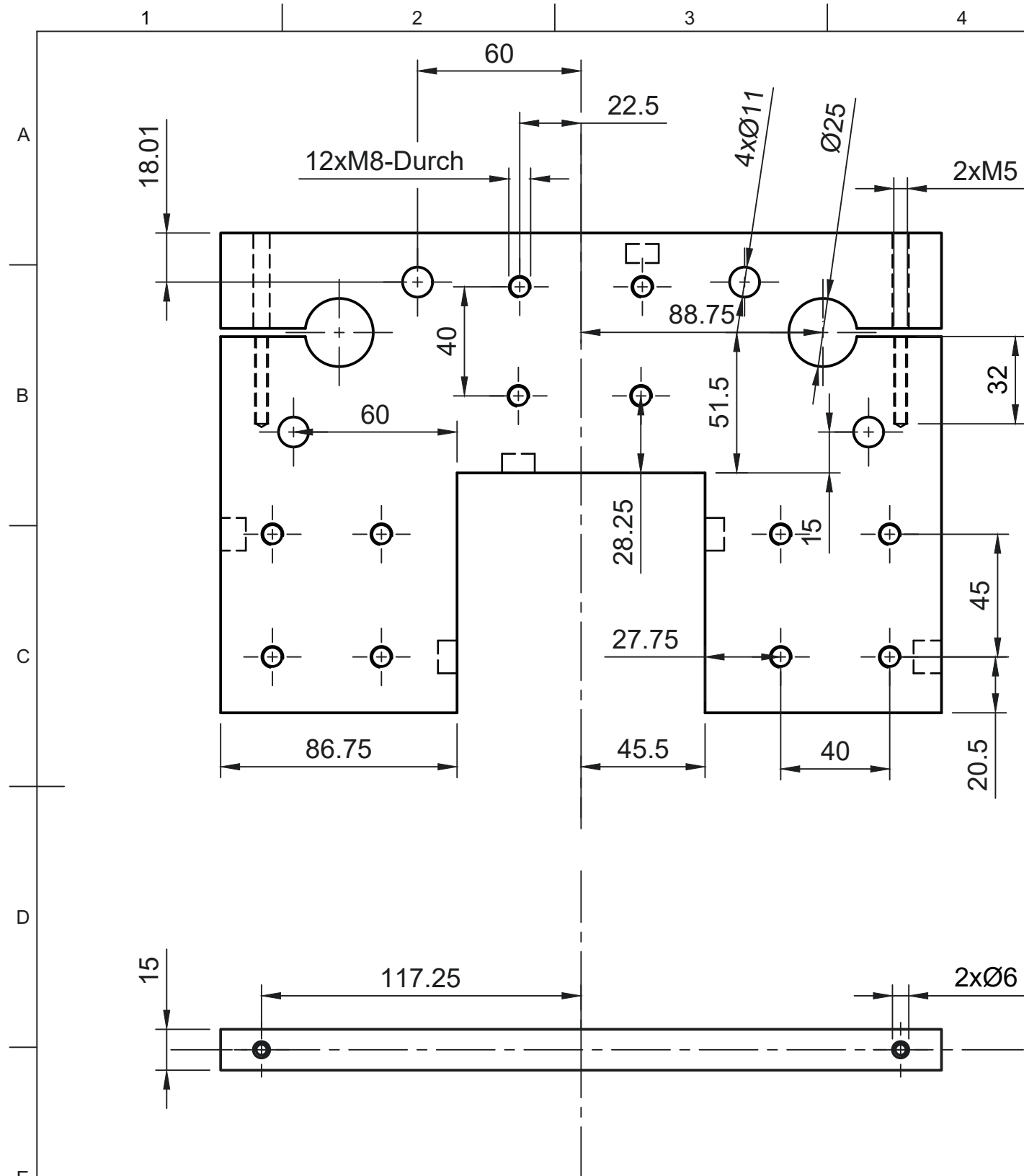


Teilleiste				
Element	Anz.	Teilenummer	Beschreibung	Material
1	1	Aluprofil 90x90H		Generic
2	1	Bodenbefestigung		
3	1	Schanier		Edelstahl, austenitisch

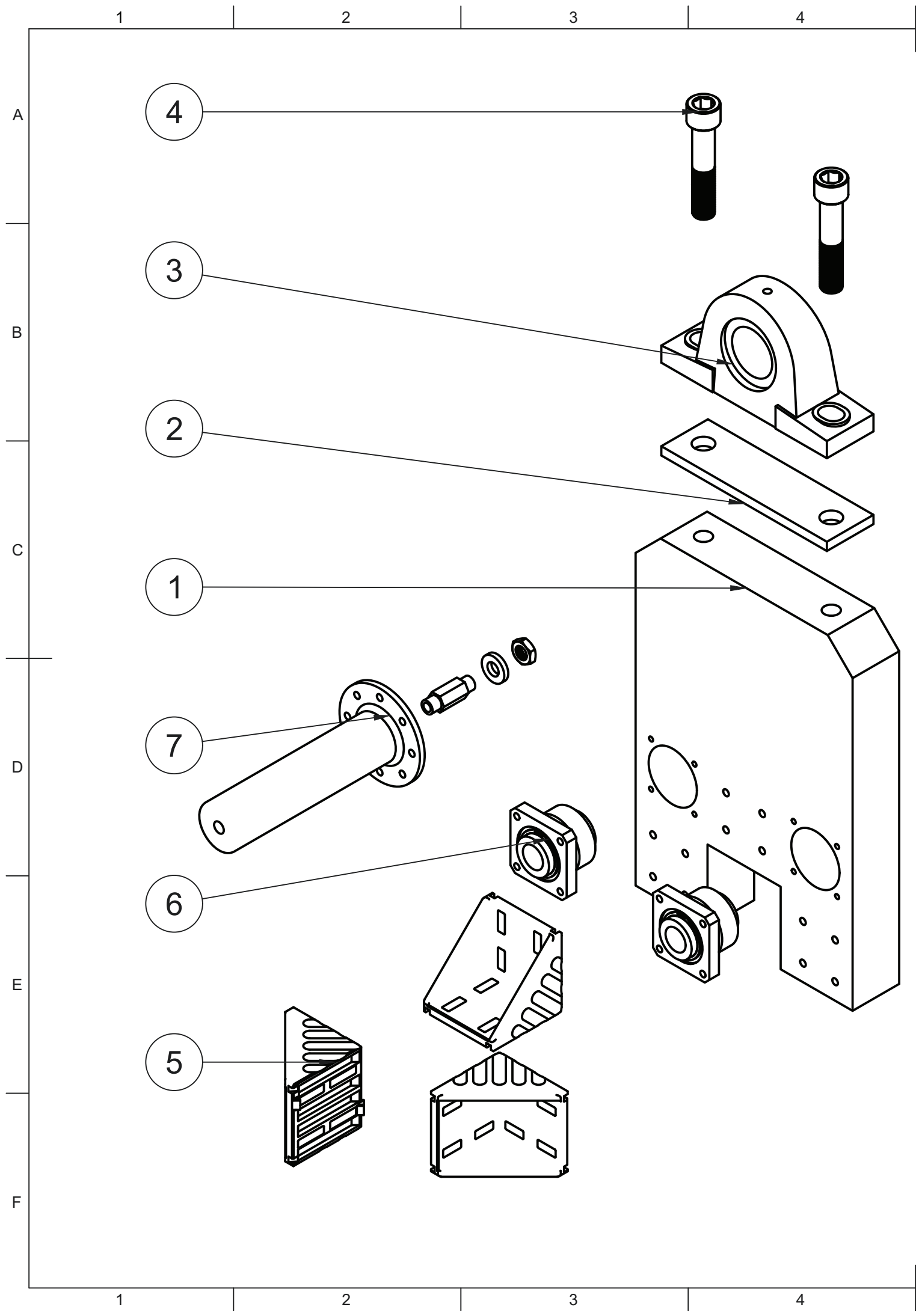
Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 30.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK		Document type	Document status	
		Title Kippsystem	DWG No. 0060	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium		Document type	Document status	
		Title Halterungsplatte f.S.	DWG No. 0002	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

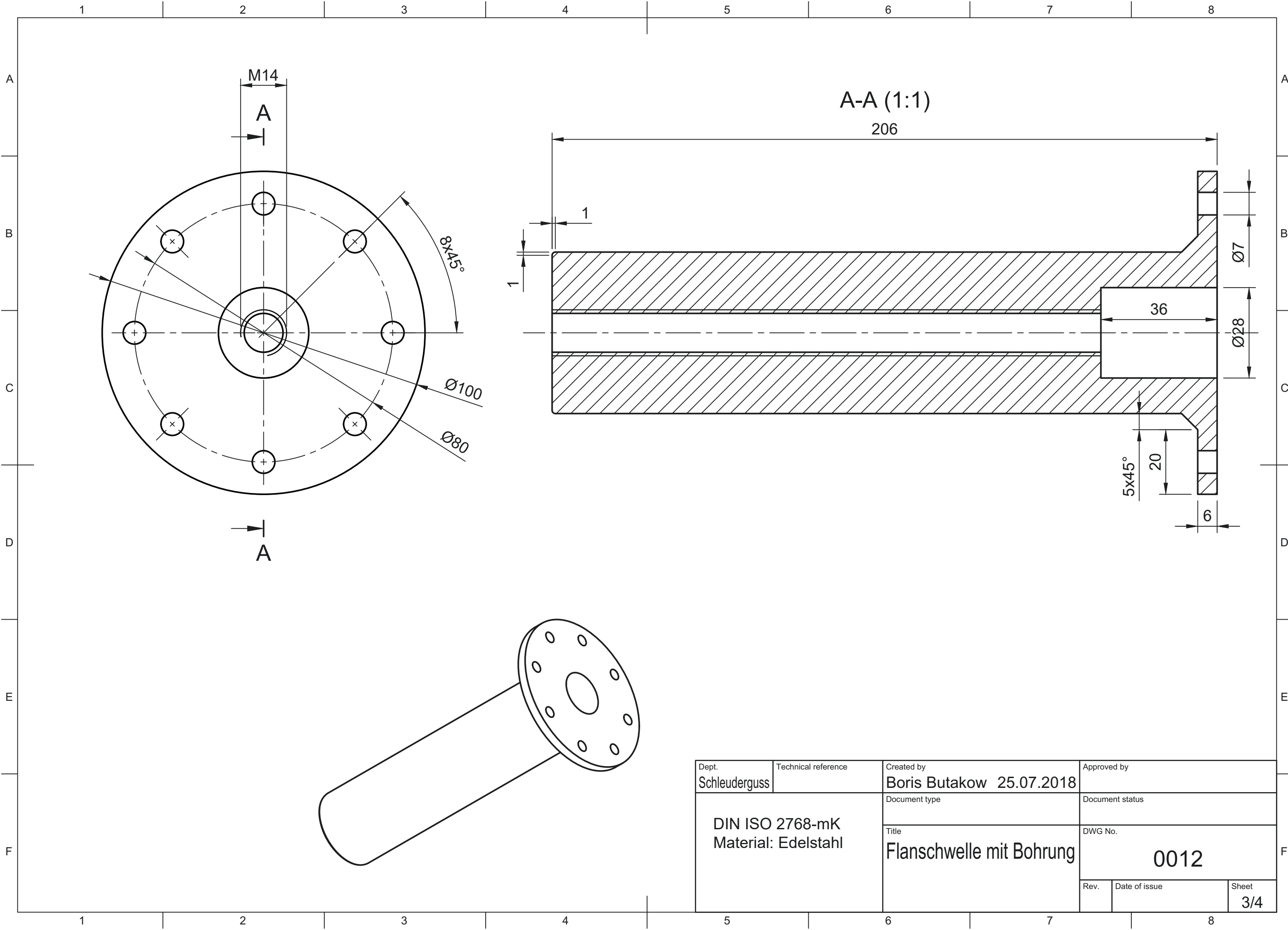


Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by		
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium		Document type	Document status		
		Title Halterungsplatte H.S.	DWG No. 0001		
			Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

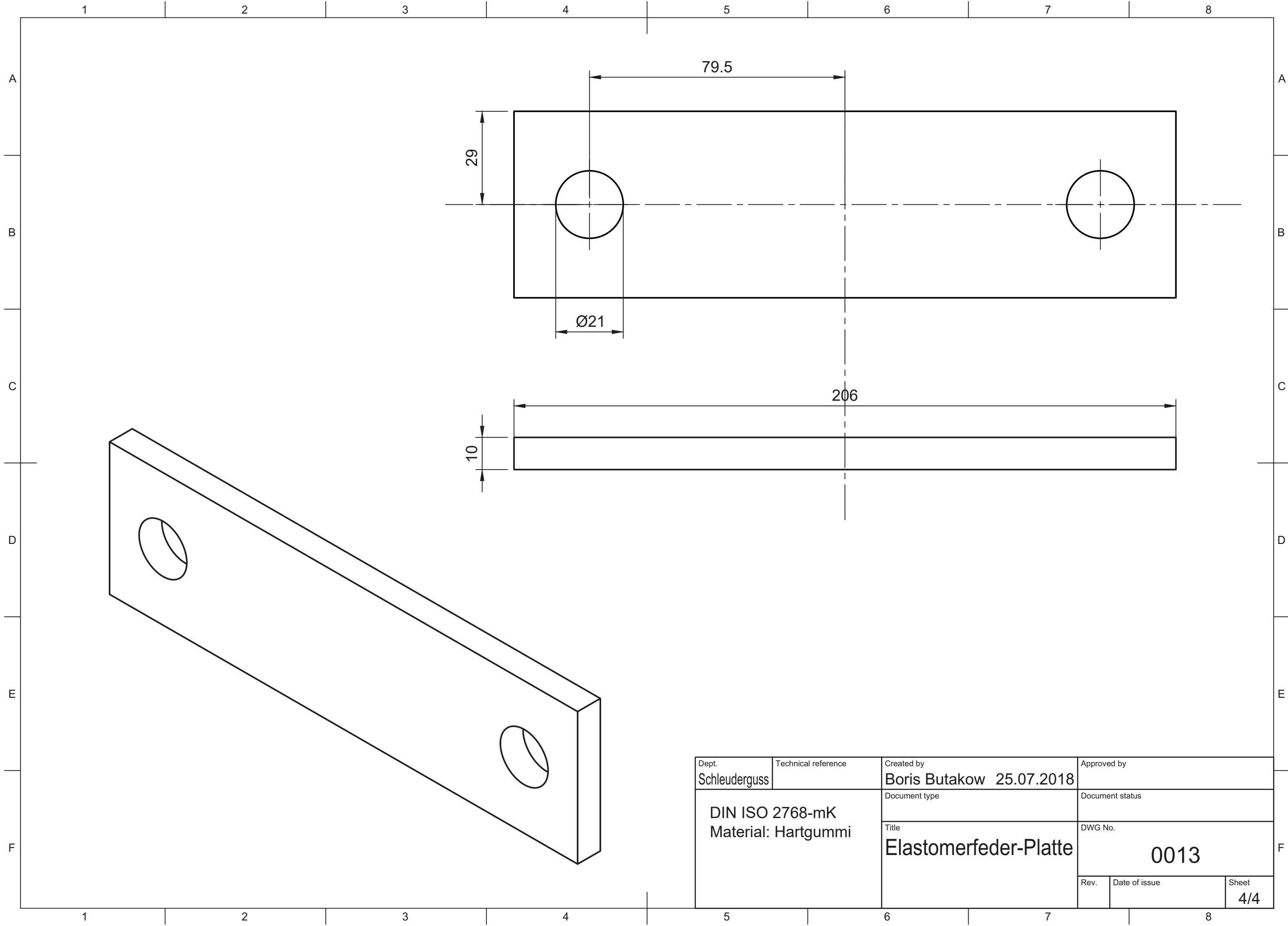


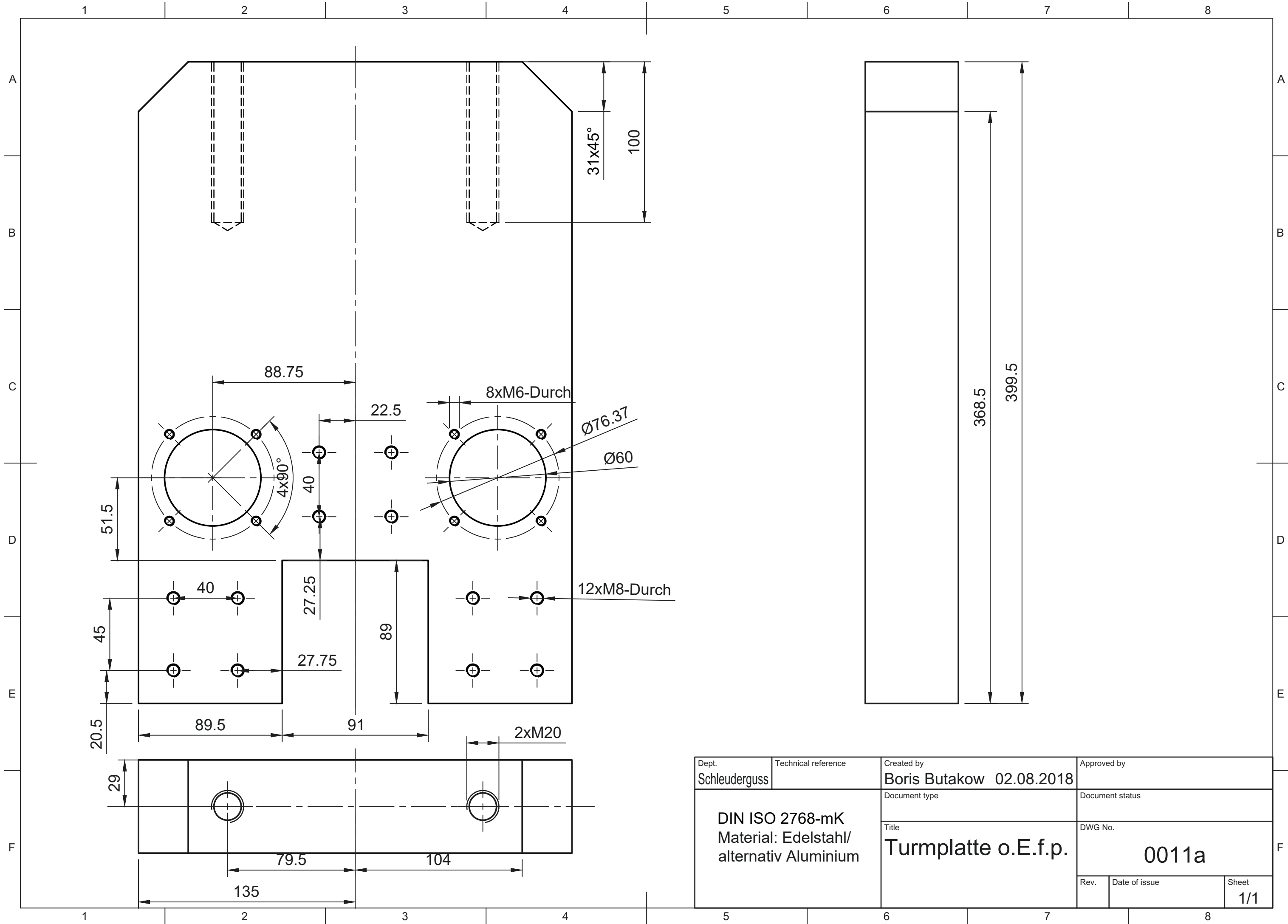
Teilleiste				
Element	Anz.	Teilenummer	Beschreibung	Material
1	1	Säule		Edelstahl, gebürstet
2	1	Dämpfer Säule		Gummi, Schwarz
3	1	Kugelstehlager 50		Stahl
4	1	Schrauben		Stahl
5	1	Alumimium Winkel		Stahl
6	1	Gleitlager		Stahl
7	1	Flanschelle mit Unterdruckventil	Baugruppe	

Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK		Document type	Document status	
		Title Gleitturm mit Flanschelle	DWG No. 0010	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/4

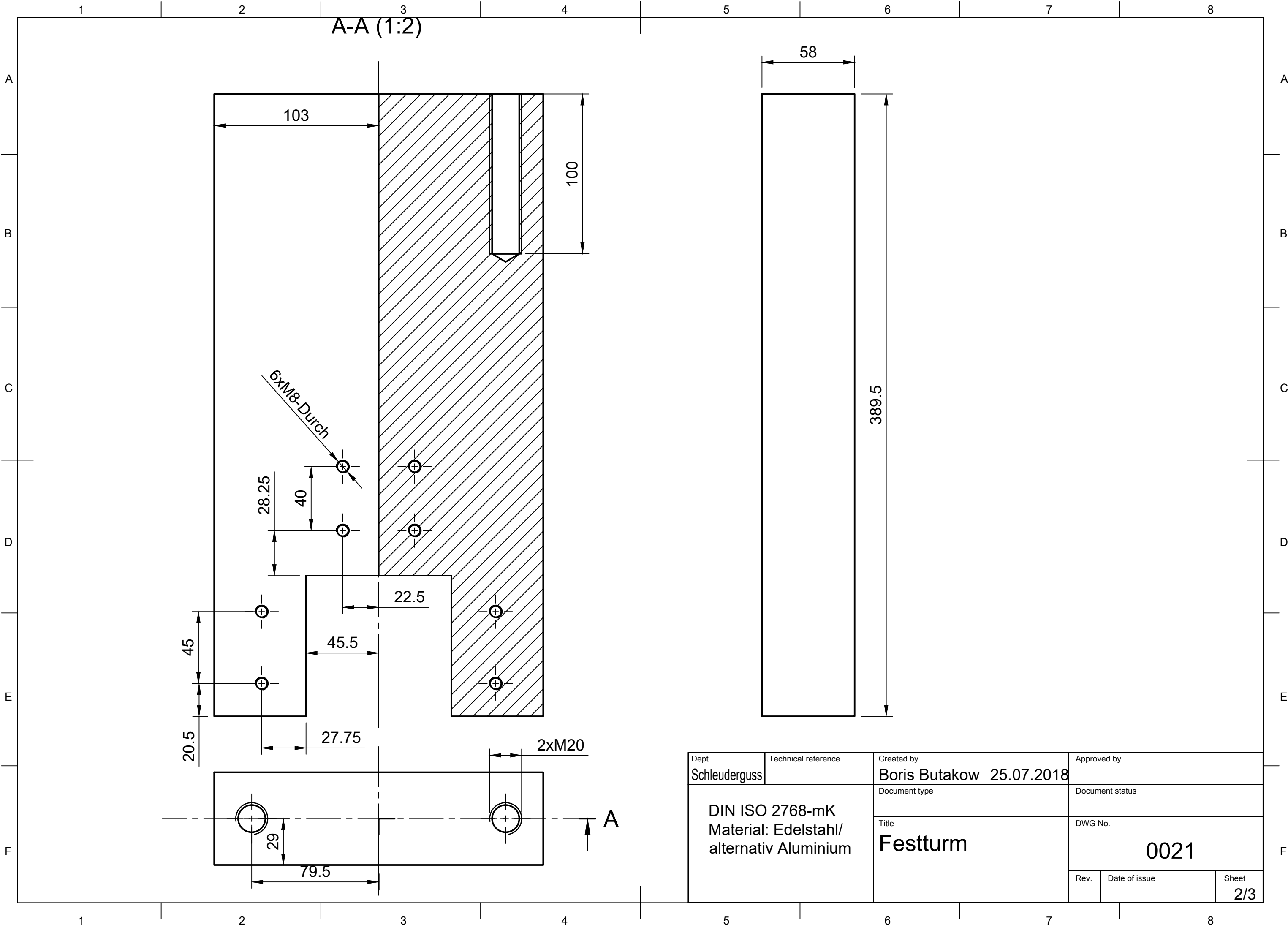


Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl		Document type	Document status	
		Title Flanschelle mit Bohrung	DWG No. 0012	
		Rev.	Date of issue	Sheet 3/4

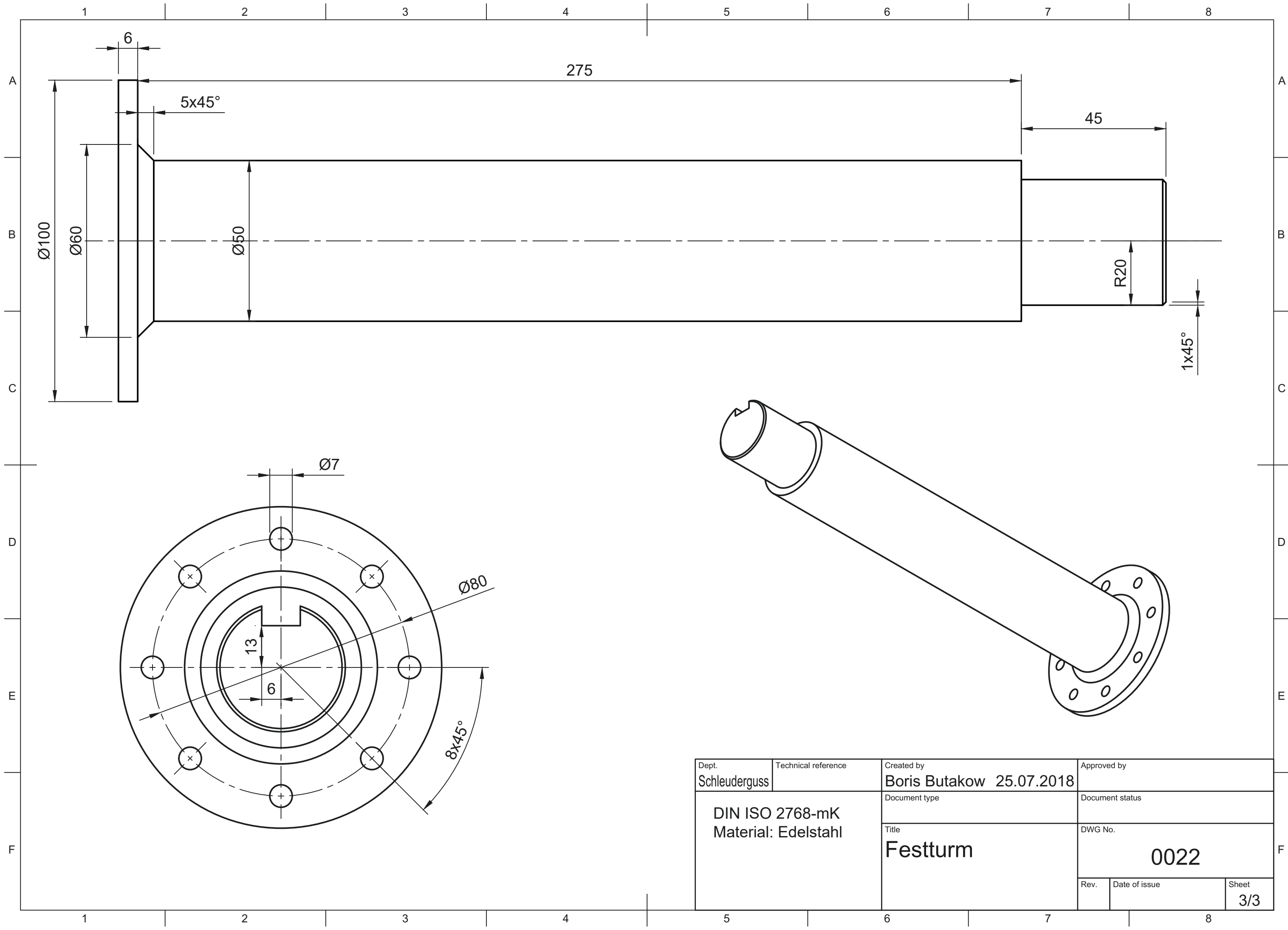




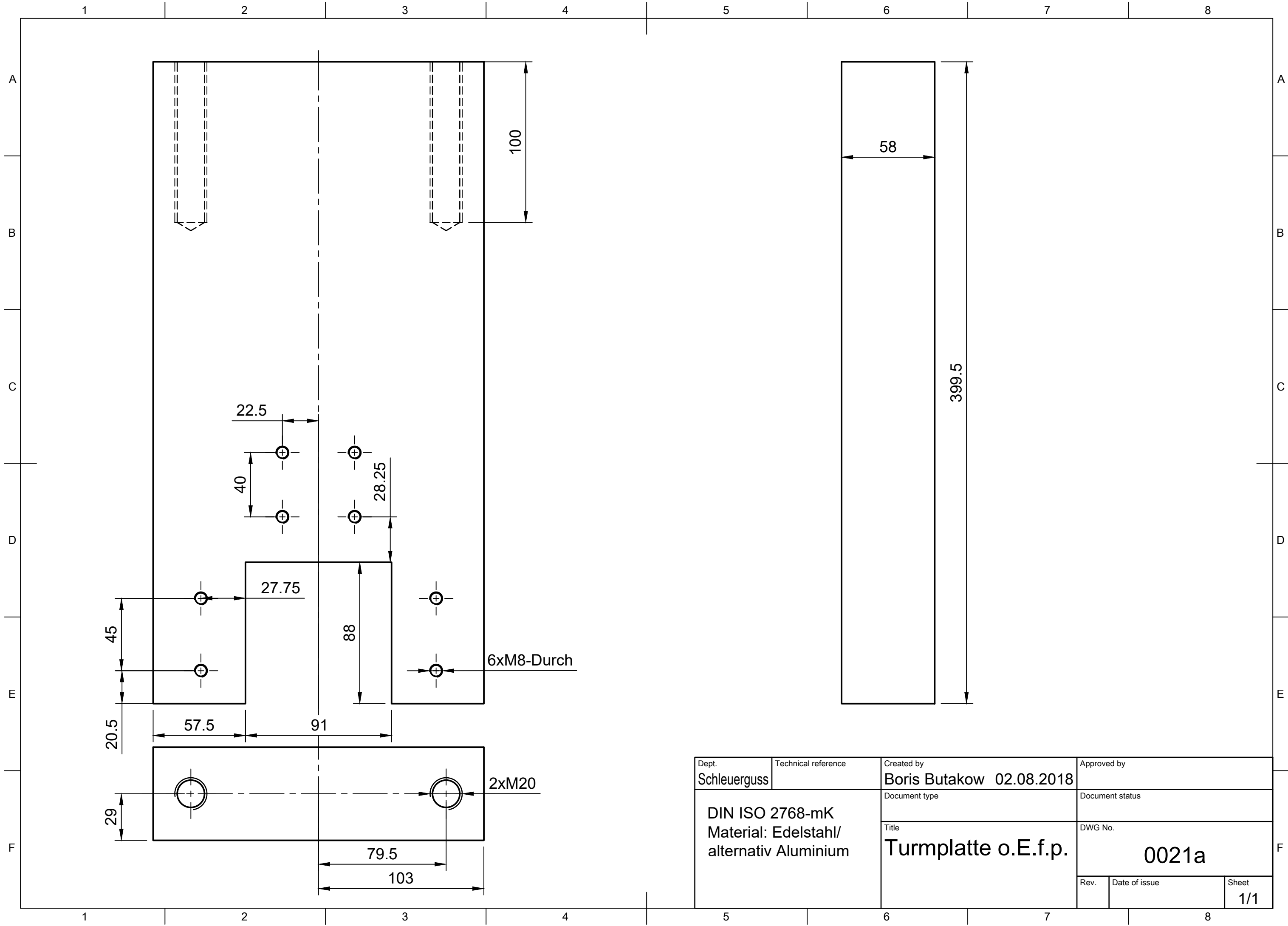
Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 02.08.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium		Document type	Document status	
		Title Turmplatte o.E.f.p.	DWG No. 0011a	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

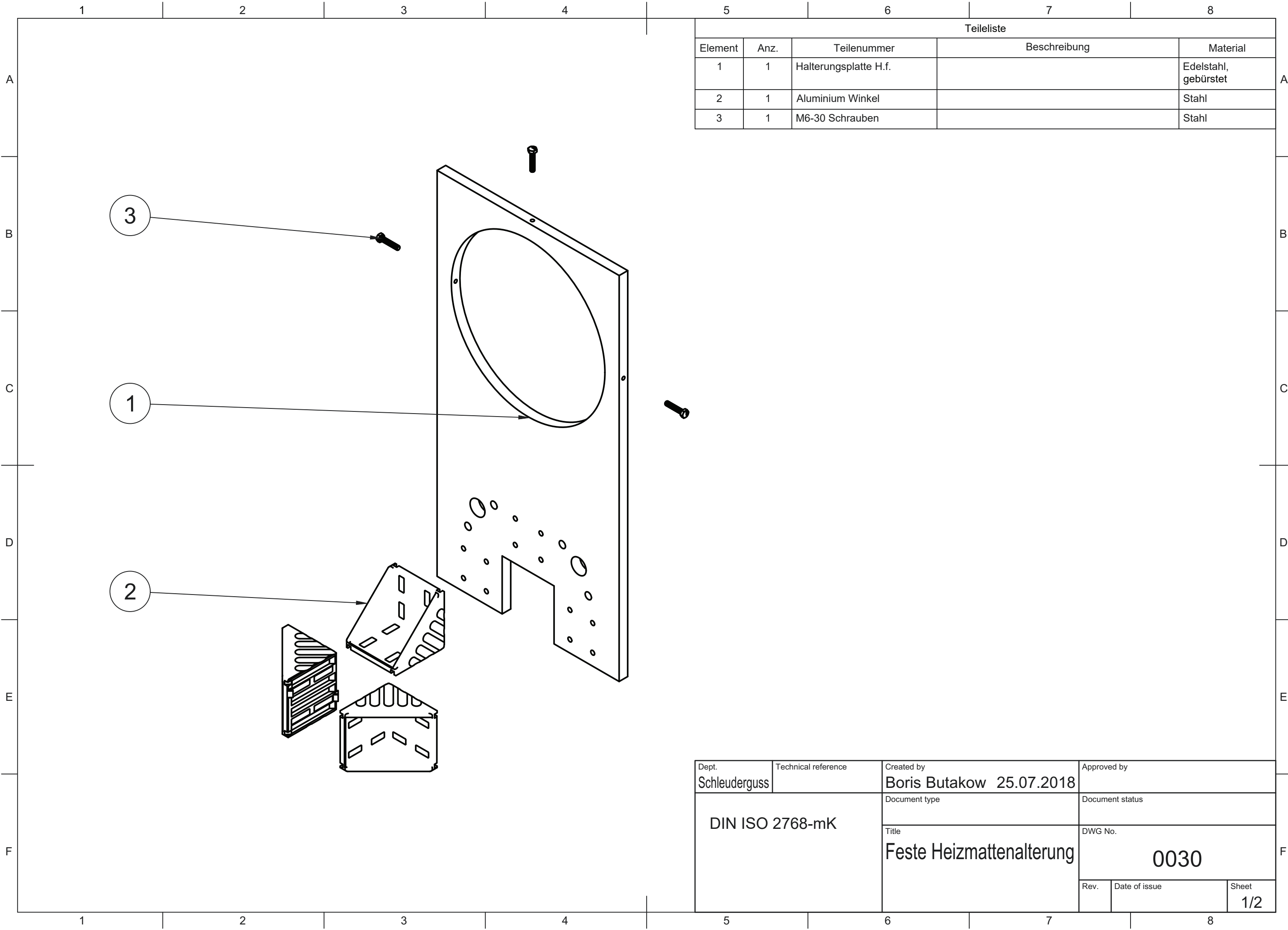


Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium		Document type	Document status
		Title Festturm	DWG No. 0021
		Rev.	Date of issue
		Sheet 2/3	



Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl		Document type	Document status	
		Title Festturm	DWG No. 0022	
		Rev.	Date of issue	Sheet 3/3





Teilleiste				
Element	Anz.	Teilenummer	Beschreibung	Material
1	1	Halterungsplatte H.f.		Edelstahl, gebürstet
2	1	Aluminium Winkel		Stahl
3	1	M6-30 Schrauben		Stahl

Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK		Document type	Document status	
		Title Feste Heizmattenalterung	DWG No. 0030	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/2

Technical drawing of a mounting plate (Halterungsplatte H.f.) showing two views: a front view (top) and a side view (bottom).

Front View (Top):

- Overall dimensions: 616.3 (width) x 159.6 (height).
- Central circular hole: Ø269.2.
- Bottom section: 114.1 (width) x 88 (height).
- Bottom section features: 4xR5.5 (fillets), 2xR13 (radius), 60 (width), 70 (height), 15 (thickness), 51.5 (height), 88.72 (width), 45.5 (width).
- Bottom section holes: 12xM8 (12 holes), 2xM6-Durch (2 holes).
- Bottom section dimensions: 20.5, 45, 28.25, 22.5, 40, 27.75, 159.6.

Side View (Bottom):

- Overall dimensions: 159.6 (width) x 15 (height).
- Central circular hole: Ø269.2.
- Bottom section: 114.1 (width) x 88 (height).
- Bottom section features: 4xR5.5 (fillets), 2xR13 (radius), 60 (width), 70 (height), 15 (thickness), 51.5 (height), 88.72 (width), 45.5 (width).
- Bottom section holes: 12xM8 (12 holes), 2xM6-Durch (2 holes).
- Bottom section dimensions: 20.5, 45, 28.25, 22.5, 40, 27.75, 159.6.

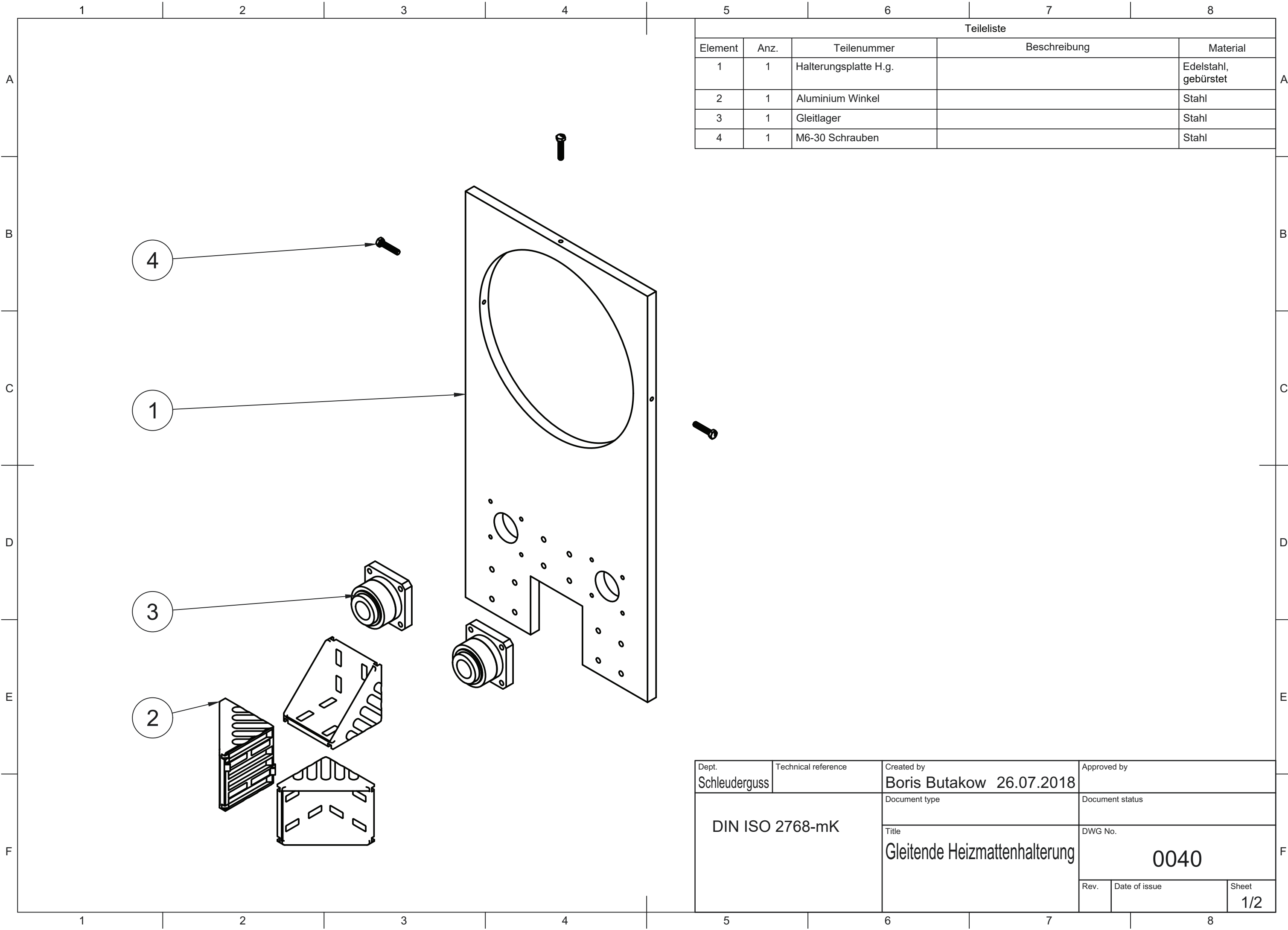
Section A-A (1:4):

- Section line A-A is shown at the bottom.
- Section A-A details the internal structure of the plate, showing the 12xM8 holes and the 2xM6-Durch holes.
- Section A-A dimensions: 159.6 (width), 15 (height), 20.5, 45, 28.25, 22.5, 40, 27.75, 159.6.

Table:

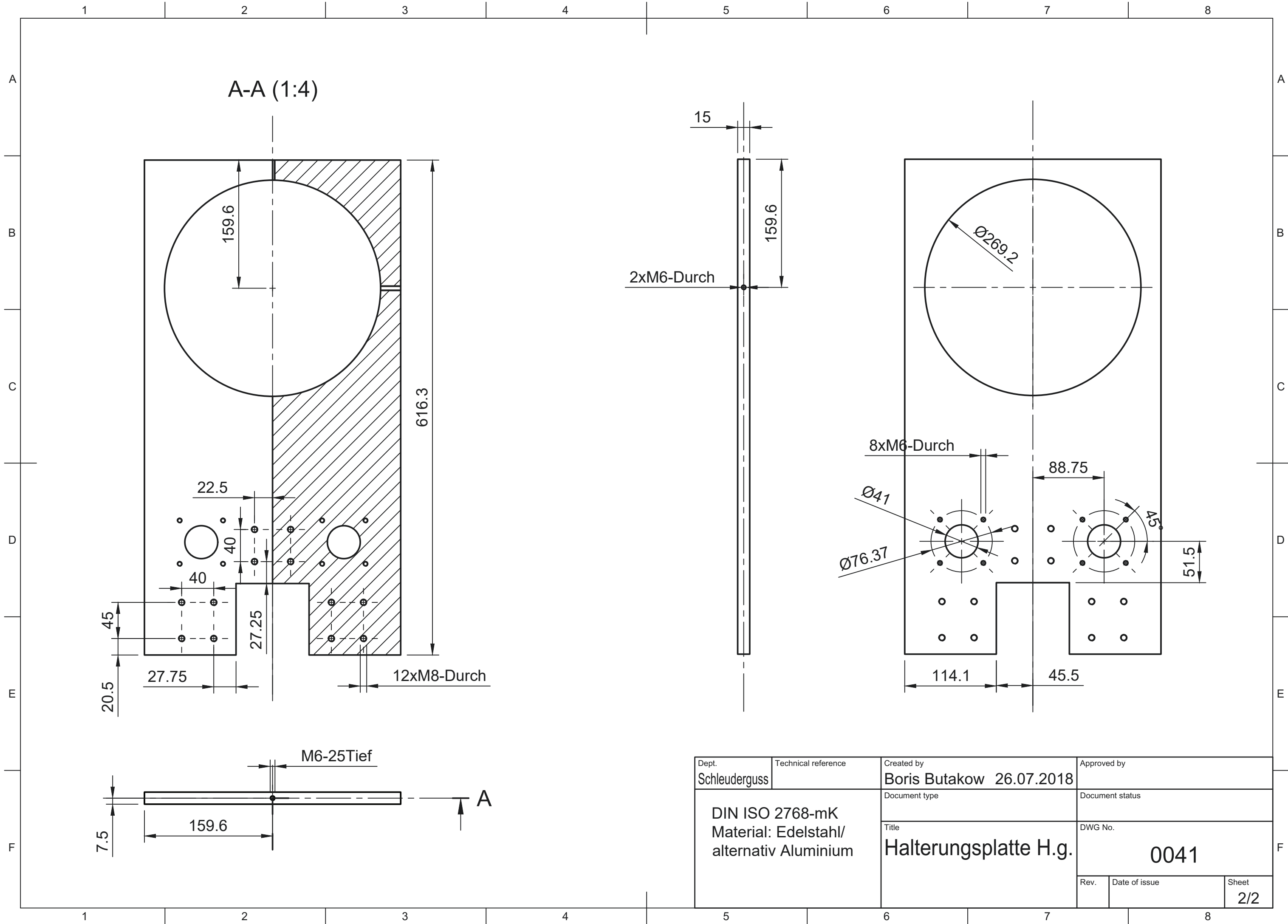
Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium	Document type	Document status	
		Title Halterungsplatte H.f.	
		Rev.	Date of issue
		Sheet 2/2	

Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 25.07.2018	Approved by		
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium		Document type	Document status		
		Title Halterungsplatte H.f.	DWG No. 0031		
			Rev.	Date of issue	Sheet 2/2



Teilleiste				
Element	Anz.	Teilenummer	Beschreibung	Material
1	1	Halterungsplatte H.g.		Edelstahl, gebürstet
2	1	Aluminium Winkel		Stahl
3	1	Gleitlager		Stahl
4	1	M6-30 Schrauben		Stahl

Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK		Document type	Document status	
		Title Gleitende Heizmattenhalterung	DWG No. 0040	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/2



Dept. Schleuderguss	Technical reference	Created by Boris Butakow 26.07.2018	Approved by	
DIN ISO 2768-mK Material: Edelstahl/ alternativ Aluminium		Document type	Document status	
		Title Halterungsplatte H.g.	DWG No. 0041	
		Rev.	Date of issue	Sheet 2/2